

Aus dem Zentrum für Orthopädie und Unfallchirurgie
Geschäftsführender Direktor: Herr Univ.-Prof. Dr. med. Ruchholtz
Medizinische Direktorin: Frau Univ.-Prof. Dr. med. Fuchs-Winkelmann

des Fachbereichs Medizin der Philipps-Universität Marburg

Titel der Dissertation:

**5-Jahres-Erkenntnisse durch die Multizentrische Beobachtungsstudie
mit dem zementfreien POLARSTEM® Hüftschaft**

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades der gesamten Humanmedizin
dem Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg vorgelegt

von

Lukas Nawid Münch
aus Heidelberg

Marburg, 2020

Angenommen vom Fachbereich Medizin
der Philipps-Universität Marburg

am

25.06.2020

Gedruckt mit der Genehmigung des Fachbereichs.

Dekan: Herr Prof. Dr. H. Schäfer

Referent: Herr PD Dr. K.-F. Schüttler

1. Korreferent: Herr PD Dr. D. Günther

Für meine Eltern

Abstract

Background: The rationale for developing the cementless POLARSTEM® was the combination of a self-blocking principle and an improved metaphyseal load transfer. Registry data from Australia and Wales showed a revision rate of 0.15-2.9% over a period of 3-5 years. However, no prospective studies have been published evaluating patients' self-assessment of clinical outcome.

Objectives: The objective of this study was to prospectively evaluate clinical and radiological findings as well as survivorship of the cementless POLARSTEM® 5 years postoperatively.

Patients and Methods: A total of 72 patients with 75 total hip arthroplasties (THA) were prospectively included in the study. The predominant diagnosis was primary osteoarthritis. Standard radiographs in an anteroposterior and axial view were obtained at each follow-up interval (3 months, 1 year, 3 years, 5 years), in order to evaluate characteristic signs of radiographic loosening. The Harris Hip Score (HHS) and Western Ontario and McMaster Universities Index (WOMAC) were also assessed at each follow-up.

Results: Patients showed statistically significant improvement in mean HHS ($47.7 \pm 12.4_{\text{preop}}$ to $80.3 \pm 19.2_{\text{5years}}$; $p < 0.001$) and WOMAC scores ($63.5 \pm 14.0_{\text{preop}}$ to $21.6 \pm 18.8_{\text{5years}}$; $p < 0.001$) at the final follow-up of 5 years. The stem survivorship was 98.7% at 5 years when evaluating for stem revision due to any reason. After 6 weeks, one patient had a stem revision due to septic complication and therefore was not available for further follow-up. No cases of mechanical failure of the POLARSTEM® or characteristic signs of radiographic loosening were observed.

Conclusion: The present study showed a revision rate of the cementless POLARSTEM® of 1.3% after a 5-year follow-up. This survival rate is consistent with other studies. Additionally, HHS and WOMAC indicated a good to very good clinical outcome at a medium-term period of 5 years.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Zielsetzung	1
1.1. Allgemeines	1
1.2. Die Entwicklung der Hüftendoprothetik	2
1.3. Indikationen zur Implantation eines künstlichen Hüftgelenks	4
1.3.1. Primäre, idiopathische Koxarthrose	4
1.3.2. Sekundäre Koxarthrose	6
1.3.3. Nicht-arthrotische Indikationen	6
1.3.4. Kontraindikationen	7
1.4. Funktionelle Anatomie und Biomechanik der Hüfte	8
1.5. Diagnostik vor der endoprothetischen Versorgung	11
1.5.1. Anamnese	11
1.5.2. Klinische Untersuchung	11
1.5.3. Bildgebung	12
1.5.4. Sonstige Untersuchungen	13
1.5.5. Differentialdiagnosen	13
1.6. Therapieansätze	14
1.6.1. konservative Therapieansätze	14
1.6.2. operative Therapieansätze	15
1.7. Möglichkeiten der Hüftschaftverankerung	16
1.7.1. Zementierte Hüftendoprothesen	16
1.7.2. Zementfreie Hüftendoprothesen	16
1.7.2.1. Epiphysär (Oberflächenersatz)	16
1.7.2.2. Epimetaphysär (Schenkelhalsprothese)	17
1.7.2.3. Metaphysär (Kurzschaft)	17
1.7.2.4. Metadiaphysär (Standardschaft)	17
1.7.2.5. Diaphysär (Langschaft)	18
1.7.3. Hybridmethode	18
1.8. Zielsetzung der Arbeit	19
2. Material und Methoden	20
2.1. Patientenkollektiv	20
2.1.1. Einschlusskriterien	20
2.1.2. Ausschlusskriterien	20
2.2. Der zementfreie POLARSTEM®	22
2.3. EP-FIT PLUS® zementfreies Press-Fit-Pfannensystem	24
2.3.1. Zementfreie EP-FIT PLUS® Pfanne	24
2.3.2. REXPOL® Inlay	25
2.3.3. BIOLOX® Kugelkopf	26
2.4. Operationsmethode	27
2.4.1. Präoperative Planung	27
2.4.2. Operationstechnik	27
2.4.2.1. Transglutealer Zugang (konventionell)	27
2.4.2.2. Anteriorer Zugang (minimal invasiv)	28
2.4.2.3. Implantation der EP-Fit-Plus®-Pfanne	28

2.4.2.4. Implantation des zementfreien POLARSTEM®-Schaftes	29
2.4.2.5. Wundverschluss	30
2.4.3. Postoperative Versorgung	30
2.5. Allgemeiner Patientenbefund	31
2.5.1. Aktivitätseinschätzung	31
2.5.2. Medikation	31
2.5.3. Klassifikation nach Charnley	32
2.6. Fragebögen und Scores	33
2.6.1. Harris-Hip-Score (HHS)	33
2.6.2. WOMAC und HOOS	36
2.7. Röntgenbeurteilung	38
2.7.1. Klassifikation nach Brooker	38
2.7.2. Zoneneinteilung	39
2.8. Statistik	40
3. Ergebnisse	41
3.1. Klinische Ergebnisse	41
3.1.1. Patientenkollektiv	41
3.1.2. Präoperativer Status	43
3.1.3. Operativer Eingriff	44
3.1.4. Allgemeiner Befund	46
3.1.4.1. Charnley-Klassifikation	46
3.1.4.2. Körperliches Aktivitätsniveau	46
3.1.4.3. Patientenzufriedenheit	47
3.1.5. Klinische Scores	47
3.1.5.1. Harris-Hip-Score	47
3.1.5.2. WOMAC-Anteil des HOOS	52
3.2. Radiologische Ergebnisse	58
3.2.1. Migration und Zonenbeurteilung	58
3.2.2. Standzeit und Revisionen	58
3.2.3. Brooker-Klassifikation	59
4. Diskussion	60
4.1. Diskussion der klinischen Ergebnisse	60
4.1.1. Patientenkollektiv	60
4.1.2. Harris-Hip-Score	62
4.1.3. WOMAC	65
4.1.4. Patientenzufriedenheit	67
4.2. Diskussion der radiologischen Ergebnisse	69
4.2.1. Migration	69
4.2.2. Zonenbeurteilung	69
4.2.3. Standzeit und Revisionen	71
4.2.4. Heterotopische Ossifikationen	73
4.3. Limitationen	75
5. Zusammenfassung	76
6. Summary	78
7. Literaturverzeichnis	80

8. Anhang	96
8.1. Follow-Up Allgemeiner Befund	96
8.2. HHS-Fragebogen	97
8.3. HOOS-Fragebogen	98
8.4. Follow-Up Röntgen	100
9. Lebenslauf	102
10. Verzeichnis der akademischen Lehrer	103
11. Danksagung	104

Abkürzungsverzeichnis

BMI	Body-Mass-Index
CCD-Winkel	Centrum-Collum-Diaphysen-Winkel
CL-UHMWPE	cross-linked ultra-hoch molekulargewichtiges Polyethylen
CT	Computertomographie
DSP	Druckscheibenprothese
ECF	Epiphysiolysis capitis femoris
EPRD	Endoprothesenregister Deutschland
FAI	Femoroacetabuläres Impingement
FRZB	Frizzled Related Protein
GDF5	Growth Differentiation Factor 5
IGF1	Insulin-like Growth Factor 1
IQTIG	Institut für Qualität und Transparenz im Gesundheitswesen
HHS	Harris Hip Score
Hüft-TEP	Hüft-Totalendoprothese
HOOS	Hip disability and Osteoarthritis Outcome Score
MRT	Magnetresonanztomographie
MS-CT	Multislice Computertomographie
NSAID	non-steroidal anti-inflammatory drugs
NSAR	nicht-steroidales Antirheumatikum
PTFE	Polytetrafluorethylen
PVNS	pigmentierte villonoduläre Synovialitis
TEP	Totalendoprothese
THA	Total Hip Arthroplasty
UHMWPE	ultra-hoch molekulargewichtiges Polyethylen
UKGM	Universitätsklinikum Gießen und Marburg
WOMAC Index	Western Ontario and MacMaster Universities Osteoarthritis Index

1. Einleitung und Zielsetzung

1.1. Allgemeines

Die Hüftendoprothetik gehört zu den großen medizinischen Fortschritten der jüngeren Vergangenheit. Ziel ist es, den Patienten durch eine möglichst anatomische Rekonstruktion des Gelenks von Schmerzen und Funktionseinschränkungen zu befreien.⁴³ Aktuell werden weltweit mehr als eine Million künstliche Hüftgelenke jährlich implantiert, wobei innerhalb der nächsten zwei Jahrzehnte eine Verdopplung dieser Anzahl erwartet wird.¹³⁹ In Deutschland waren es 2006 schon 170000 pro Jahr.⁴⁵ Laut Daten des Instituts für Qualität und Transparenz im Gesundheitswesen (IQTIG) ist über die letzten Jahre ein steigender Trend zu beobachten mit 229603 Hüft-Totalendoprothesen(TEP)-Erstimplantationen im Jahr 2016.⁶² Im Jahr 2016 konnten davon 122961 im Endoprothesenregister Deutschland (EPRD) erfasst werden.⁶⁶

Generell ist in mehr als 90% der Fälle eine symptomatische Arthrose die Operationsindikation, deren Häufigkeit aufgrund des demographischen Wandels sowie der zunehmend adipösen Bevölkerung kontinuierlich steigt.¹³⁹ Der dadurch erwartete steigende Behandlungsbedarf birgt erhebliche Krankheitskosten und sozialmedizinische Konsequenzen.¹²¹ In westlichen Ländern ist die symptomatische Arthrose in der Altersgruppe über 60 Jahre mit einer Prävalenz von 10% beschrieben.⁴⁵ Derzeit wird der größte Anteil (65%) an Hüftprothesen bei Patienten ab einem Alter von 65 Jahren implantiert.¹³⁹ Dennoch wird angenommen, dass bis 2030 die Hälfte aller totalen Gelenkserätze in den USA bei Patienten mit einem Alter von unter 65 Jahren durchgeführt werden wird.¹⁰⁴

Der Hüftgelenkseratz ist also nicht mehr nur ein Konzept für alte Patienten mit einem niedrigen Aktivitätsniveau, wie ursprünglich von *Sir John Charnley* angedacht.²⁶ Mehr und mehr beinhaltet das Patientenkollektiv auch jüngere und aktivere Patienten,¹⁰³ die aufgrund ihres höheren Aktivitätsniveaus als Risikogruppe für Revisionen gelten.¹¹⁵ Daher ist es hinsichtlich der Entwicklung neuer Prothesendesigns in Zukunft wichtig, den Schwerpunkt auf diese jüngeren Patienten zu legen, um das noch ungelöste Problem einer langfristigen Revisionsfreiheit zu beheben und suffiziente Revisionsoptionen anzubieten.¹³⁹ *Keener et al.* betonen diese Herausforderung vor allem bei Patienten mit einem Alter von unter 50 Jahren.⁹²

1.2. Die Entwicklung der Hüftendoprothetik

Schon vor mehr als 100 Jahren wurden erste Versuche unternommen, degenerative Hüfterkrankungen operativ zu behandeln. Ziel dieser ersten Arthroplastiken war es, versteifte Gelenke wieder zu mobilisieren. Um ein erneutes Verschmelzen der Gelenkflächen zu verhindern, wurden verschiedenartige Gewebe zwischen die artikulierenden Oberflächen eingesetzt. Ende des 19. Jahrhunderts bahnte *Ollier*, der periartikuläres Weichteilgewebe einsetzte, dieser Idee den Weg.^{107, 182}

1902 war es dann *Robert Jones*, der mittels Blattgold eine Hüfte rekonstruierte. Wenig später beschrieb *Whitman* ein rekonstruktives Verfahren bestehend aus einer Exzision des Femurkopfes und –halses sowie einer Transplantation des Trochanter in ein niedrigeres Level an der Schaftaußenseite.^{181, 182}

1923 setzte *M. N. Smith-Petersen* erstmalig eine Kappe aus Glas auf den zuvor neu geformten Femurkopf und begründete somit die Mulden-Arthroplastik. Aufgrund der hohen Bruchanfälligkeit der Glaskappe entwickelte er das Verfahren weiter und präsentierte schließlich im Jahr 1938 eine Kappe aus Vitallium. Der Kontakt der Kappe mit freiliegender Spongiosa führte zu Veränderungen des dortigen fibrösen Gewebes mit anschließender Umformung zu Knorpelgewebe.^{26, 162, 182}

Die erste Hüfttotalendoprothese aus Metall, wobei die vorgeformten Acetabulum- und Femurkopfkomponten jeweils über Schrauben fixiert waren, wurde 1938 von *Wiles* entwickelt und gilt als Muster der modernen Hüftendoprothetik.^{107, 180, 182}

1946 verfolgten die Brüder *Jean* und *Robert Judet* einen anderen Ansatz. Sie entfernten den Femurkopf und ersetzten diesen durch eine pilzförmige Prothese aus Acrylharz, welche über einen stahlverstärkten Stiel im Schenkelhals verankert war.^{87, 182}

Durch die Einführung der sogenannten „low-friction“ Arthroplastik revolutionierte *Sir J. Charnley* die Möglichkeiten der Hüftendoprothetik im Jahr 1960 entscheidend. Das Vorkommen aseptischer Lockerungen konnte somit aufgrund des geringeren Abriebs reduziert werden und wurde von *Sir J. Charnley* als gelöstes Problem dokumentiert.²⁶ Ein weiterer wichtiger Beitrag war der erstmalige Gebrauch von Polymethylmetacrylat („Knochenzement“) zur Fixation der Komponenten und formschlüssigen Kraftübertragung. Die Idee des Einsatzes von Zement war jedoch schon seit 1891 durch

1. Einleitung und Zielsetzung

den deutschen Chirurg *Themistokles Gluck* bekannt, der diesen für eine Knieendoprothese aus Elfenbein verwendet hatte.^{25, 26, 43, 63}

1956 begann *Sir J. Charnley*, Polytetrafluorethylen (PTFE) als Lagermaterial für die Pfannenkomponente zu verwenden. Da das PTFE jedoch einen vermehrten Abrieb aufwies und durch die Ablagerungen eine starke Fremdkörperreaktion hervorrief, ließ er trotz guter Labortestergebnisse davon ab. Er bediente sich daraufhin aufgrund der besseren Verschleißigenschaften des ultra-hoch molekulargewichtigen Polyethylens (UHMWPE) als Lagermaterial und implantierte im November 1962 die erste UHMWPE-Pfanne.^{26, 65}

Im Jahr 1966 führte *McKee* eine Metall-Metall-Prothese mit einer Kobaltchrom-Legierung ein, die ebenfalls mit Acrylzement fixiert wurde.^{18, 117}

1967 modifizierte *M. Müller* die Charnley-Prothese zur Charnley-Müller-Prothese, indem er den Kopfdurchmesser auf 30mm vergrößerte und die Operationstechnik zu einer Trochanterosteotomie modifizierte.⁶⁵

1970 wurde von *Boutin* dann erstmalig der Einsatz von Aluminiumoxidkeramik in der Hüftendoprothetik beschrieben, der eine derartige Prothese klinisch testete.¹⁸

Der Versuch Hüftprothesen zementfrei zu verankern geht zurück auf *K. M. Siwasch* in das Jahr 1956. Die Basis der Verankerung waren Löcher im diaphysären Abschnitt der Prothese und Einschnitte in der Metallhüftgelenkspfanne, in welche das Knochengewebe einwachsen konnte. Das zur Legierung zunächst verwendete Kobaltchrom wurde im Laufe der Zeit durch deutlich leichteres Titan ersetzt.^{18, 185}

In der zementfreien Endoprothetik wurde vor allem daran gearbeitet, die Oberflächenstruktur weiter zu entwickeln. Frühe Beispiele dafür waren die Tragrippen nach *Mittelmeier*, die aufgesinterten Kugeln nach *Lord* oder das sogenannte „Fiber-Mesh“ (aufgesinterte Metallspäne) nach *Harris-Galante*.⁴³

Die Rationale zur Entwicklung des zementfreien POLARSTEM® Hüftschafts bestand in der Verbindung des Selbstverblockungsprinzips mit einer verbesserten metaphysären Lastübertragung.¹⁰⁸ Der Schaft besteht aus einer Titanlegierung (Ti6Al4V) mit einer porösen Titan-Plasmaspray-Beschichtung für eine erhöhte Oberflächenrauheit. Dadurch wird eine sehr gute Primärstabilität und Osteointegration erreicht.¹⁶¹

1.3. Indikationen zur Implantation eines künstlichen Hüftgelenks

Indikationen zum Hüftgelenkersatz sind großteils therapieresistente fortgeschrittene primäre oder sekundäre Koxarthrosen, doch auch nicht-arthrotische Erkrankungen können den Einsatz einer Hüftendoprothese rechtfertigen.⁴³

Studien zeigten, dass sich die Indikationsstellung sowohl zwischen Chirurgen, niedergelassenen und einweisenden Ärzten unterscheidet,⁴⁵ als auch von Land zu Land unterschiedlich ist.^{120, 175} Dadurch, dass es keinen weltweiten Konsens zur Indikation eines Hüftgelenkersatzes gibt,^{45, 139} lassen sich die länderübergreifend unterschiedlichen Zahlen erklären.¹²⁰

Grundsätzlich sollte bei der Indikationsstellung der Fokus auf die subjektive Beschwerdesymptomatik des Patienten und nicht auf den Röntgenbefund gelegt werden, da sich diese beiden Variablen in ihrem Ausmaß oftmals nicht decken.⁴³

In Großbritannien wird in 93% der Fälle die Operationsindikation aufgrund einer bestehenden Arthrose gestellt.¹³⁹ Deutlich ältere Daten aus dem Schwedenregister zeigten, dass von 1992 bis 2000 nur bei 75% der Patienten eine primäre oder sekundäre Koxarthrose der Auslöser des Hüftgelenkersatzes war, gefolgt von Frakturen (15%) sowie entzündlicher Arthritis (5%) und anderen Ursachen (5%).¹¹⁵

1.3.1. Primäre, idiopathische Koxarthrose

In 30-50% der Fälle lässt sich bezüglich der Arthroseentstehung anamnestisch, klinisch oder radiologisch keine genaue Ursache finden.⁷²

Die alters- und geschlechtsgenormte Häufigkeit der Koxarthrose liegt bei 88 pro 100000 Personenjahren.¹³² Das Dutch Institute for Public Health beziffert die Inzidenz mit 0,9% bei Männern und 1,6% bei Frauen pro 1000 pro Jahr.¹⁴

Bei der durchschnittlichen Prävalenz der primären radiographischen Koxarthrose stehen den niedrigen Werten in Asien (1,4%) und Afrika (2,8%) deutlich höhere Werte in Nordamerika (7,2%) und Europa (10,1%) gegenüber.³⁵ *Horvath et al.* erwähnen hier sogar eine Prävalenz von 16,5% bei einer repräsentativen europäischen Bevölkerung.⁷⁵

1. Einleitung und Zielsetzung

Die Prävalenz der symptomatischen Koxarthrose ist bei Männern (9%) im Vergleich zu Frauen (11%) niedriger.¹³⁹

Prädisponierend für eine Koxarthrose können sowohl personenbezogene Faktoren wie Alter, Geschlecht, Genetik, Ethnie, Übergewicht und Ernährung als auch gelenksbezogene Faktoren wie eine Coxa retrotorta, Achsenfehlstellungen oder Verletzungen sein.⁸⁵

Einer der stärksten Einflussfaktoren ist das Alter.^{56, 89, 132} Obwohl Männer in höherem Alter ein größeres Risiko für die Entstehung einer Koxarthrose als Frauen haben, sind alle Altersklassen übergreifend generell jedoch Frauen häufiger betroffen.^{72, 132, 164}

In ungefähr 60% der Fälle spielen genetische Faktoren eine Rolle bei der Entstehung der Koxarthrose.¹⁶³ Neben den Genen des Vitamin D-Rezeptors und des IGF1⁵⁶ gehören hierzu auch Veränderungen des GDF5-, Asporin- und FRZB-Gens.^{53, 96, 106, 122} Zudem wurde bei Frauen eine Verbindung der Koxarthrose zum Chromosom 11q entdeckt.²⁴

Der Zusammenhang von Koxarthrose und Übergewicht ist in der Literatur widersprüchlich beschrieben. Einige Studien betonen hier eine Korrelation,^{89, 110} wohingegen andere Autoren dies verneinen.^{68, 72, 145} Zudem wird postuliert, dass ein Zusammenhang von Übergewicht und Koxarthrose besteht, der jedoch deutlich schwächer ist als der zur Gonarthrose.^{56, 111} Außerdem wird die Meinung vertreten, dass nur die bilaterale Koxarthrose mit Übergewicht assoziiert ist.^{56, 73, 171}

Zu den systemischen Risikofaktoren werden auch Stoffwechselstörungen, die unter anderem mit Hypercholesterinämie oder Hyperurikämie einher gehen, gezählt.⁷² Auffällig ist zudem eine deutlich erhöhte Prävalenz des metabolischen Syndroms vor allem bei jungen Arthrosepatienten.¹⁴¹

Hinsichtlich der Ernährung steht vor allem die Messung von Vitamin D Serumspiegeln im Vordergrund. Es konnte ein Zusammenhang zwischen niedrigen und moderaten Vitamin D Serumspiegeln und der Entstehung einer Hüftarthrose, definiert als Verengung des Gelenkspaltes, gezeigt werden.¹⁰⁵ Fraglich ist zudem der schädliche Einfluss erhöhter Vitamin C-, oder Seleniumeinnahme.⁵²

Auch die berufliche und sportliche Aktivität spielt eine Rolle bei der Entstehung der Hüftarthrose. Vor allem bei langjährig tätigen Landwirten war aufgrund des vielen Stehens und Hebens eine deutlich erhöhte Prävalenz auffällig.³² Vor allem Eliteathleten

1. Einleitung und Zielsetzung

in High-Impact-Sportarten scheinen aufgrund der sehr hohen Intensität und vielzähligen Wiederholungen vergleichsweise häufiger eine radiographische Hüftgelenksarthrose zu entwickeln.⁸⁰

Mehrere Studien bringen die Entstehung der primären Koxarthrose mit einem femoroacetabulären Impingement (FAI) in Verbindung.^{10, 59, 60} Bei 36% der unter 55-jährigen Patienten, die für einen künstlichen Hüftgelenkersatz gelistet waren, lag ein eindeutiges FAI vor.¹¹³

Hinsichtlich der Pathophysiologie lassen sich zwei unterschiedliche Typen des Impingement unterscheiden. Das vor allem bei jungen Männern auftretende Cam- („Nockenwellen“-) Impingement beruht auf einer unzureichenden Taillierung am Übergang zwischen Femurkopf und -hals. Dies resultiert in einer subchondralen Ablösung des acetabulären Knorpels von außen nach innen. Im Gegensatz dazu basiert das Pincer- („Beißzangen“-) Impingement auf dem linearen Kontakt des Kopf-Hals-Übergangs mit dem Pfannenrand durch eine überschüssige Abdeckung des Acetabulums. Diese Form des FAI dominiert vor allem bei Frauen mittleren Alters. Bei den meisten Patienten liegen jedoch beide Deformitäten gleichzeitig vor.^{10, 59, 109}

1.3.2. Sekundäre Koxarthrose

Die sekundäre Koxarthrose wird durch bestimmte Vorerkrankungen bedingt und ist oft ein multifaktorielles Geschehen. Mögliche Ursachen umfassen angeborene Hüftdysplasien, Acetabulumprotrusionen, Traumata, Infektionen, rheumatoide Arthritis, Epiphyseolysis capitis femoris (ECF), Morbus Perthes und Hämophilien.⁷²

1.3.3. Nicht-arthrotische Indikationen

Zu den nicht-arthrotischen Indikationen für eine Hüftendoprothese gehören neben der fortgeschrittenen Hüftkopfnekrose auch eine Vielzahl anderer Erkrankungen wie der Morbus Bechterew, die pigmentierte villonoduläre Synovialitis (PVNS), die synoviale Chondromatose oder der Morbus Paget.⁷²

Auch die Schenkelhalsfraktur zählt im Revisionsfall nach osteosynthetischer Versorgung oder begleitender Femurkopfnekrose zu den Indikationen für ein künstliches Hüftgelenk.

1. Einleitung und Zielsetzung

Vermehrt wird sich hier jedoch schon bei gesunden und aktiven Patienten für eine primäre totalendoprothetische Versorgung eingesetzt, sofern eine Dislokation, begleitende Koxarthrose oder Osteoporose vorliegt. Bei hohem Alter oder beträchtlicher Komorbidität wird weiterhin die Versorgung mittels Hemiendoprothese empfohlen.^{43, 150}

Hüftgelenksnahe Tumoren oder Metastasen des proximalen Femurs können den Einsatz spezieller Tumorimplantate rechtfertigen.^{43, 72}

1.3.4. Kontraindikationen

Neben chronischen Infektionen im Operationsgebiet zählen auch floride Infektionen zu den Kontraindikationen, auch wenn sie weit vom Operationsgebiet entfernt liegen. Auch bei zytostatischer Behandlung, hochdosierter Kortikosteroidtherapie oder reduziertem Allgemeinzustand sollte die Indikationsstellung mit Vorsicht erfolgen, da in solchen Fällen ein erhöhtes Infektionsrisiko vorliegt.⁴³

Weder Übergewicht, fortgeschrittenes Alter noch Komorbidität des Patienten zählen zu den absoluten Kontraindikationen.¹³⁹

1.4. Funktionelle Anatomie und Biomechanik der Hüfte

Im Hüftgelenk artikuliert der Femurkopf (Caput femoris) mit der Hüftpfanne (Acetabulum). Es handelt sich hierbei nicht um ein ideales Kugelgelenk, sondern vielmehr um eine Enarthrosis („Nussgelenk“), da die Pfanne den nahezu sphärischen Kopf bis über seinen größten Durchmesser hinaus umfasst. Das Hüftgelenk besitzt drei Freiheitsgrade mit den Bewegungen Flexion (140°) und Extension (15°) in der Transversalebene, Abduktion (40°) und Adduktion (25°) in der Sagittalebene sowie Innenrotation (35°) und Außenrotation (45°) in der Femur-Längsachse.^{6, 142}

Die halbmondförmig mit Knorpel überzogene Gelenkfläche des Acetabulums (Facies lunata) ist nur etwa halb so groß wie die Gelenkfläche des Caput femoris. Im Bereich des Pfannendachs ist die Ausprägung des Knorpels am größten. Ihre äußere Grenze wird durch die etwas erhöhte freie Kante der Pfanne (Limbus acetabuli) gebildet, die von einer faserknorpeligen Gelenkklippe besetzt ist (Labrum acetabuli). Nach innen begrenzt sie die knorpelfreie Fossa acetabuli.¹⁴²

Der Femurkopf besteht aus dichter Spongiosa und variiert in seinem Durchmesser zwischen ca. 3,5cm und 5,5cm. Zur effizienten Aufnahme der Biegebelastung geht das Trabekelwerk in ein Druck- und ein Zugbündel über. Das Druckbündel zieht zur medialen Kortikalis des Schenkelhalses, wogegen das Zugbündel entlang des oberen Schenkelhalsbereichs zum Trochanter major führt. Dadurch entsteht an der Basis des Schenkelhalses das sogenannte Ward-Dreieck, eine Zone mit relativ geringer Trabekeldichte.¹⁴²

Die Anatomie des proximalen Femurs ist sehr variabel. Der Schenkelhals (Collum femoris) ist im Vergleich zum Femurkopf deutlich schmaler, um einen größeren Bewegungsumfang zu ermöglichen. Die Längsachse des Schenkelhalses bildet zur Längsachse des Femurschafts den Centrum-Collum-Diaphysen-Winkel (CCD-Winkel), welcher normalerweise 126° beträgt. Es gibt hier jedoch Variationen zwischen 90° und 135° , wobei abhängig vom Winkel eine Coxa vara (kleiner als 126°) von einer Coxa valga (größer als 126°) unterschieden wird.^{50, 142}

Der CCD-Winkel hat großen Einfluss auf die Beanspruchung des proximalen Femurs. Durch die Verlagerung des Trochanter major nach oben (Coxa vara) oder unten (Coxa valga) erhält die Muskelkraft eine abnormale Lage und Richtung. Hierdurch ergeben sich unterschiedliche Druck- und Zugspannungen auf Basis des Hebelgesetzes.¹⁴²

1. Einleitung und Zielsetzung

Der Bandapparat des Hüftgelenks ist äußerst stabil. Das stärkste Band ist das Lig. iliofemorale (Bertini-Band), welches zudem mit einer Zugfestigkeit von über 350kg das kräftigste Band des menschlichen Körpers ist. Der Hauptteil, die Pars descendens, hat seinen breiten Ursprung knapp unterhalb der Spina iliaca anterior inferior am Vorderrand des Acetabulums und zieht etwas schraubig verdreht bis zur Linea intertrochanterica. Es beschränkt die Extension im Hüftgelenk und beeinflusst somit maßgeblich das Gangbild. Die kleinere Pars transversa endet vom lateralen Acetabulumrand kommend an der Basis des Trochanter major und begrenzt somit die Adduktion des Beins.^{142, 153}

Das Lig. pubofemorale zieht vom Ramus superior des Os pubis nach schräg dorsal zum Schenkelhals und hemmt Abduktion, Extension und Außenrotation. Das Lig. ischiofemorale inseriert vom Acetabulumhinterrand kommend an der Unterseite des Schenkelhalses und begrenzt vor allem die Innenrotation. Von diesen drei Bändern strahlen jeweils Fasern in die Zona orbicularis ein. Diese umfasst den Schenkelhals zirkulär an seiner dünnsten Stelle und verhindert dadurch einen Austritt des Femurkopfes aus der Gelenkpfanne.^{6, 142}

Das Ligamentum capitis femoris verläuft ausschließlich innerhalb des Gelenkraumes und hat seinen Ursprung in der Fossa acetabuli. Von dort zieht es, die A. lig. capitis femoris führend, zur Fovea capitis femoris. Ihre Relevanz zur Blutversorgung des proximalen Teils des Femurkopfs ist jedoch umstritten. Das Lig. transversum acetabuli verbindet vorderes und hinteres Horn der Facies lunata.^{142, 153}

Der kräftigste Hüftbeuger ist der M. iliopsoas, bestehend aus dem M. psoas major und dem M. iliacus. Die Flexion wird durch den M. tensor fasciae latae, die ventralen Anteile der kleinen Glutealmuskeln, den M. sartorius und den M. rectus femoris unterstützt. Der M. gluteus maximus ist der wesentliche Extensor und Außenrotator der Hüfte, wobei seine kranialen Anteile zudem bei der Abduktion und seine kaudalen Anteile bei der Adduktion mitwirken. Bei der Extension helfen zudem die ischiokruralen Muskeln wie die Mm. semitendinosus, semimembranosus und biceps femoris.⁶

Die Mm. gluteus medius et minimus sind durch ihre Abduktionsfunktion für den menschlichen Gang von großer Bedeutung, da sie ein Abkippen des Beckens zur Spielbeinseite verhindern. Bestandteil der pelvitrochanteren Muskulatur sind der M. piriformis, die Mm. gemellus superior et inferior, Mm. obturatorius internus et externus sowie der M. quadratus femoris. Sie rotieren die Hüfte nach außen. Zur Gruppe der

1. Einleitung und Zielsetzung

Adduktoren gehören der M. pectineus, die Mm. adductor longus et brevis, der M. adductor magnus und der M. gracilis.⁶

An der Innervation der Hüftmuskeln sind der N. femoralis, der N. obturatorius, die Nn. gluteus superior et inferior sowie Äste des Plexus lumbalis und sacralis beteiligt.⁶

1.5. Diagnostik vor der endoprothetischen Versorgung

1.5.1. Anamnese

Bei der Anamneseerhebung ist die möglichst genaue Schmerzcharakterisierung des Patienten essenziell. Arthroseschmerzen sind beispielsweise durch eine kontinuierliche, über Jahre andauernde Zunahme gekennzeichnet. Das Gesäß, die Leiste oder der meist mediale Oberschenkelbereich bis zum Knie stellen hierbei typische Projektionszonen des Schmerzes dar. Auffällig ist außerdem, dass die Patienten oft über eine Schmerzzunahme während oder nach Belastung klagen. Auch ein Anlaufschmerz ist sehr charakteristisch für eine Arthrose. Um das Ausmaß der Beeinträchtigung des Patienten einordnen zu können, sollte nach schmerzfreier Gehstrecke und nächtlichen Schmerzen gefragt werden. Zudem ist von Bedeutung, ob mit Hilfe von Analgetika Schmerzlinderung oder sogar Beschwerdefreiheit erreicht werden kann. Internistische Begleiterkrankungen sowie relevante Voroperationen sollten ebenfalls erfasst werden.^{43, 72}

1.5.2. Klinische Untersuchung

Bei der klinischen Untersuchung wird zunächst das Gangbild analysiert. Die weitere Inspektion beinhaltet die Beurteilung des Beckenstands sowie die Erfassung von möglichen Beinlängendifferenzen oder lokalen Entzündungszeichen. Bewegungseinschränkungen der Hüfte werden anhand des Bewegungsausmaßes nach der Neutral-Null-Methode diagnostiziert. Zu Beginn einer Hüftgelenkserkrankung ist hier meist die Innenrotationsfähigkeit schmerzhaft eingeschränkt.⁷²

Des Weiteren gibt es verschiedene klinische Tests. Eine zunehmende Außenrotation des Beines bei Beugung des Hüftgelenks spricht für Veränderungen innerhalb des Gelenks (Drehmann-Zeichen). Eine Insuffizienz der Abduktoren der Hüfte lässt sich durch den Trendelenburg-Test beurteilen.⁷²

Ein vorderer Labrumschaden kann mit Hilfe des vorderen Impingement-Tests als ein stechender Schmerz bei gleichzeitiger maximaler Flexion, Adduktion und Innenrotation (FADIR) wahrgenommen werden. Ein posteriores Impingement wird durch eine gleichzeitig durchgeführte Flexion, Abduktion und Außenrotation (FABER) evaluiert.¹⁹¹

1.5.3. Bildgebung

Das Röntgen in zwei Ebenen gehört zur Basisdiagnostik bei Hüfterkrankungen und wird als tief eingestellte Beckenübersicht im a.p.-Strahlengang sowie als axiale Aufnahme oder Aufnahme nach *Lauenstein* der betroffenen Hüfte durchgeführt.^{43, 72} So können zum Beispiel typische arthrotische Gelenkveränderungen wie Gelenkspaltverschmälerung, subchondrale Sklerose, Osteophyten oder subchondrale Zysten erkannt werden.⁷² Der Score nach *Kellgren* und *Lawrence* dient hierbei zur Bestimmung des Schweregrades (0-IV).⁹³ Bei Abwesenheit dieser typischen radiographischen Gelenkveränderung liegt Schweregrad 0 vor. Grad 1 beschreibt eine fragliche Gelenkspaltverschmälerung mit möglichen osteophytären Ausziehungen. Grad 2 umfasst definitive Osteophyten mit möglicher Gelenkspaltverschmälerung. Grad 3 beschreibt das Vorhandensein multipler Osteophyten mit deutlicher Gelenkspaltverschmälerung, subchondraler Sklerose und möglichen subchondralen Zysten. Grad 4 beschreibt schließlich das Auftreten prominenter Osteophyten, deutlicher Gelenkspaltverschmälerung, fortgeschrittener Sklerose und definitiven subchondralen Zysten.⁹³

Die Sonographie ist in der frühzeitigen Erkennung von Muskel- oder Sehnenverletzungen und Bursitiden sehr sensitiv und schnell durchführbar. Für gewöhnlich wird sie zur Feststellung von Hüftgelenksergüssen benutzt.¹¹⁹ Aufgrund der Möglichkeit der dynamischen Bewertung findet sie jedoch auch bei der Diagnose der Coxa saltans^{136, 187} und von Leistenhernien Anwendung.¹³³

Die Computertomographie (CT) hat durch die Entwicklung des Multislice-CTs (MS-CT) deutlich an Bedeutung gewonnen.⁷² Indikationen für eine MS-CT sind die Beurteilung und Klassifikation komplexer Hüftgelenks-, Becken- und Azetabulumfrakturen.^{48, 178} Zudem dient die MS-CT zum Nachweis intraartikulärer Fragmente sowie zur Ausbreitungserfassung von Knochentumoren und intraossären Ganglien.⁷²

Durch die Magnetresonanztomographie (MRT) können Hüfterkrankungen deutlich präziser diagnostiziert und beurteilt werden.¹¹⁹ Die MRT ist vor allem wichtig zum Nachweis okkultter Frakturen⁷⁶ und eines femoroazetabulären Impingements.¹³⁷ Zudem trägt sie großen Anteil bei der Indikationsstellung einer operativen Versorgung von Osteonekrosen.⁷² Bei Verdacht auf intraartikuläre Abnormitäten wie Labrumrisse oder Knorpelläsionen ist die direkte MR-Arthrographie das Mittel der Wahl.^{151, 172}

1.5.4. Sonstige Untersuchungen

Die Laboruntersuchung des Blutes mit Bestimmung der Entzündungsparameter gehört zur Basisdiagnostik. Bei Verdacht auf eine Erkrankung des rheumatischen Formenkreises können zusätzlich die charakteristischen Marker untersucht werden. Um degenerative von entzündlichen Erkrankungen abzugrenzen, kann weiterführend das Hüftgelenk punktiert und anschließend das Punktat analysiert werden.⁷²

1.5.5. Differentialdiagnosen

Differentialdiagnostisch müssen in jedem Fall extraartikuläre Erkrankungen, die ein Problem an der Hüfte vortäuschen können, ausgeschlossen werden. Durch lokale oder intraartikuläre Injektionstechniken können gelenksnahe Ursachen wie die Bursitis trochanterica oder Sehnenansatzentzündungen relativ leicht ausgeschlossen werden.⁷²

Die Differenzierung zu Wirbelsäulenerkrankungen ist deutlich schwieriger, da diese oft parallel zu Hüftgelenkserkrankungen vorliegen und sich hinsichtlich ihrer Beschwerdesymptomatik überschneiden können.⁷² Hierzu gehören radikuläre oder pseudoradikuläre Schmerzsyndrome, Spinalkanalstenosen oder Beschwerden des Iliosakralgelenks. Eine intraartikuläre Injektion mit einem Lokalanästhetikum kann bei der Differenzierung helfen.⁵⁵ Zudem sollten neben Tumoren und Metastasen des Beckens oder proximalen Femurs auch Leistenhernien oder Angiopathien ausgeschlossen werden.⁷²

1.6. Therapieansätze

1.6.1. konservative Therapieansätze

Basis der initialen medikamentösen Therapie ist die orale Gabe von nichtsteroidalen anti-entzündlichen Medikamenten (NSAID). Eine aktuelle Metaanalyse zeigte, dass Diclofenac 150mg/Tag die beste zurzeit verfügbare Wahl ist, um Schmerzen und Funktion zu verbessern.³⁴ Bei Patienten mit einem hohen Risiko für gastrointestinale Komplikationen sollte zusätzlich die Gabe eines Magenschutzmittels erfolgen.¹²⁶

Laut internationalen Richtlinien sollten von Beginn an auch nicht-medikamentöse Behandlungsmethoden wie Bewegungstherapie und manuelle Therapie eingeschlossen werden.¹²⁶ Eine randomisiert kontrollierte Studie zeigte jedoch, dass eine Bewegungstherapie nur Einfluss auf Schmerz und Funktion hat, die generelle gesundheitsbezogene Lebensqualität dadurch jedoch nicht signifikant verbessert wird.¹⁰¹ Zudem wird die deutliche Überlegenheit der manuellen Therapie im Vergleich zur Bewegungstherapie betont hinsichtlich Schmerzfreiheit sowie Funktion der Hüfte und Bewegungsausmaß.⁷⁴

Eine weitere Behandlungsmöglichkeit ist die intraartikuläre Injektion verschiedener Substanzen. Als Alternative zu einem operativen Eingriff ist die intraartikuläre Injektion von Kortikosteroiden sehr verbreitet und effektiv.^{143, 169} Zudem ist zur Schmerzreduktion die Injektion lokaler Anästhetika isoliert oder in Verbindung mit Kortikosteroiden sehr populär.¹⁹ Eine aktuelle Studie gibt jedoch den knorpeltoxischen Effekt von Kortikosteroiden, lokalen Anästhetika oder deren Kombination zu bedenken.¹⁹ Die Vermutung, präoperative Steroidinjektionen würden ein erhöhtes Infektionsrisiko nach künstlichem Hüftgelenkersatz bewirken, wird von den meisten Studien verneint.^{29, 177} *Werner et al.* postulieren jedoch, dass Patienten ein höheres postoperatives Infektionsrisiko verbunden mit einem allgemein schlechteren Operationserfolg haben, wenn sie innerhalb von drei Monaten vor der Operation eine intraartikuläre Injektion jeglicher Art erhalten haben.¹⁷⁹

Alternativ können statt Steroiden auch NSAIDs injiziert werden, die die gleiche Effektivität besitzen.¹³⁵ Die Injektion von Hyaluronsäure bewirkt nur eine geringgradige klinische Verbesserung.¹⁴³ Andererseits wird jedoch betont, dass die Effekte einer einmaligen Injektion hochmolekulargewichtiger Hyaluronsäure erst nach drei Monaten

1. Einleitung und Zielsetzung

auftreten und dann bis zu einem Jahr stabil sind.¹⁴⁶ Auch der Einsatz von Glucosaminen und/oder Chondroitin sind umstritten.¹²⁶ Eine neue randomisiert kontrollierte Studie hebt die überzeugenden Ergebnisse einer Injektion mit autologem thrombozytenreichem Plasma (PRP) hervor.³⁶

Weitere Empfehlungen sind Schulungen und Förderung des Selbstmanagements des Patienten, Gewichtsreduktion und gegebenenfalls der Einsatz unterstützender Hilfsmittel.¹²⁶

1.6.2. operative Therapieansätze

Bei den operativen Therapieansätzen lassen sich grundsätzlich gelenkerhaltende von gelenkersetzenden Verfahren unterscheiden. Eine Arthrodesse des Hüftgelenks wird aufgrund der postoperativen Funktionseinschränkung und der daraus resultierenden Knie- und Wirbelsäulenbeschwerden nur noch in Ausnahmefällen durchgeführt.^{90, 184}

Femur- oder Beckenosteotomien haben vor allem in der Behandlung präarthrotischer Deformierungen Bedeutung.¹⁸⁴ Osteotomien des proximalen Femurs werden bei Kindern bei Subluxationen im Rahmen von Dysplasien oder neuromuskulären Erkrankungen sowie Morbus Perthes eingesetzt.¹⁵⁶ Bei Erwachsenen sind sie bei Schenkelhalspseudarthrosen, Femurfehlstellungen, Coxa valga et antetorta sowie Coxa vara epiphysaria indiziert.⁶⁴ Die Beckenosteotomie nach *Salter* wird bei angeborenen Hüftgelenksluxation und –subluxationen im Kindesalter durchgeführt.¹⁴⁸ Bei Erwachsenen hat die Beckenosteotomie nach *Chiari*¹⁸³ keinen Stellenwert mehr, sodass in diesem Patientenkollektiv gewöhnlich die dreifache Beckenosteotomie nach *Tönnis* und *Kalchschmidt* praktiziert wird.¹⁸⁹

Femur- oder Beckenosteotomien sind, wie die Hüftarthroskopie, jedoch nicht in der Lage bei schon bestehender, mäßig- bis höhergradiger Arthrose eine langfristige Verbesserung zu erzielen. In diesen Fällen ist ein künstlicher Gelenkersatz mittels Teil- oder Totalendoprothese zu überlegen.¹⁸⁴

1.7. Möglichkeiten der Hüftschaftverankerung

1.7.1. Zementierte Hüftendoprothesen

Grundlage der verbesserten Langzeitergebnisse ist die durch neue Zementiertechniken optimierte Zementverzahnung in der Spongiosa.^{20, 107} Das Polymethylmethacrylat wird retrograd und zur Optimierung der Mikroverblockung unter einem anhaltenden Druckaufbau eingebracht. Zudem werden mittels Spülung Rasperdebris entfernt und das Endost gesäubert. Das Fettembolierisiko konnte durch diese gepulste Druckspülung vermindert werden.^{20, 107} Zur erleichterten Herstellung eines vollständig geschlossenen und gleichförmigen Zementmantels können proximale oder distale Zentraliser eingesetzt werden.^{20, 107}

1.7.2. Zementfreie Hüftendoprothesen

Bei der zementfreien Fixation von Hüftschaftprothesen wird die Primärstabilität durch einen Kraft-Reib-Schluss mit einer Druckvorspannung, welche bis zum Zeitpunkt der sekundären Osteointegration bewahrt werden sollte, erreicht. Wichtig ist eine formschlüssige Implantation mit Vermeidung punktförmiger Belastungen. Durch geeignete Prothesenform und Oberflächengestaltung sollen Relativbewegungen verhindert sowie ein guter Knochen-Implantat-Verbund gewährleistet werden. Es wird zwischen einer epiphysären, epimetaphysären, metaphysären, metadiaphysären und diaphysären Verankerungsmethode unterschieden.^{20, 31, 50}

1.7.2.1. Epiphysär (Oberflächenersatz)

Zur epiphysären Verankerung wurde schon früh die Oberflächenersatzendoprothetik (Schalen-/Kappenprothese) eingeführt, deren Prinzip über die Jahre erfolgreich weiterentwickelt wurde. Als Vorteile werden die sehr geringe Knochenresektion, die physiologische Krafteinleitung in den Knochen mit Vermeidung eines „stress shieldings“ und die überzeugende Gelenkbiomechanik mit folglich geringerem Luxationsrisiko beschrieben. Zudem ist der Revisionseingriff bei möglicher Komplikation aufgrund der Knochenersparnis deutlich besser durchführbar.^{50, 98, 184}

1.7.2.2. Epimetaphysär (Schenkelhalsprothese)

1976 wurde von *Huggler* und *Jacob* die Druckscheibenprothese (DSP) entwickelt.⁷⁹ Der erhaltene Schenkelhals wird zur Krafteinleitung genutzt, wobei die entstehenden Druckkräfte durch eine Scheibe und die lateralen Zugkräfte durch eine mit zwei Kortikalisschrauben befestigte Lasche aufgenommen werden. Besonders ist hierbei die Aussparung der intramedullären Verankerung. Dieses System wurde im Laufe der Zeit weiter adaptiert (A-DSP), um einen größeren Bewegungsspielraum zu gewährleisten sowie die Auflagefläche der Druckscheibe und Osteointegrationsfläche zu optimieren.^{20, 50, 84}

1.7.2.3. Metaphysär (Kurzschäft)

Kurzschäfte basieren auf dem Konzept einer verminderten Femurbeschädigung, einer nicht-anatomischen Geometrie und der proximalen Belastung des Calcar mit lateraler Abstützung.^{50, 54}

Modulare Systeme haben den Vorteil, dass vor der Rekonstruktion der Gelenkgeometrie zunächst der Prothesenstiel separat verankert werden kann. So kann besser auf die gewünschte Anteversion oder Beinlängendifferenz eingegangen werden.^{50, 165}

1.7.2.4. Metadiaphysär (Standardschaft)

Hier besteht die Möglichkeit einer proximalen oder distalen Verankerung. Für eine proximale Verankerung sind die Implantate metaphysär umfangreich und besitzen einen größeren Schaftwinkel, was jedoch zu einer distalen Instabilität führen kann. Für eine distale Verankerung werden Implantate benötigt, die proximal schmal sind sowie über einen kleineren Konuswinkel und größere Schaftlänge verfügen.⁵⁰

Die Hüftschäfte für eine metadiaphysäre Verankerung lassen sich anhand ihrer Form und Fixierung in drei Subtypen (A-C) unterteilen. Die rundlichen, spitz zulaufenden kegelförmigen Schäfte (A) weisen eine poröse Beschichtung ihrer proximalen Zweidrittel auf und sind am metaphysär-diaphysären Übergang fixiert. Kegelförmige Schäfte mit

1. Einleitung und Zielsetzung

Längsrillen (B) oder rechtwinkligem Querschnitt (C) sind zudem an der proximalen Diaphyse verankert.⁹⁵

1.7.2.5. Diaphysär (Langschaft)

Bei dieser Verankerungsmethode wird mit diaphysärer Primärstabilität gleichzeitig der Wiederaufbau der proximalen Knochensubstanz unterstützt. Somit kann diese Methode auch bei stark ausgeprägten Knochenverlusten im proximalen Bereich angewandt werden.⁵⁰

1.7.3. Hybridmethode

Bei der Hybridmethode handelt es sich um eine Mischform, bei der entweder die Pfannenkomponente zementiert und der Schaft zementfrei verankert (Hybrid) ist oder umgekehrt (Reverse-Hybrid).¹³⁹

1.7.4. Der zementfreie POLARSTEM®

Auf Basis des Selbstverblockungsprinzips erlaubt die Form des POLARSTEM® eine einfache Implantation verbunden mit einer verbesserten metaphysären Lastübertragung. Die gute Primärstabilität und Osteointegration wird durch eine Hydroxylapatit-Beschichtung begünstigt. Zwar zeigen aktuelle Daten aus Prothesenregistern eine überzeugende Revisionsrate von 0,15-2,9% über einen Zeitraum von 3-5 Jahren, klinische Ergebnisse mit Berücksichtigung der Selbsteinschätzung der Patienten sind allerdings noch ausstehend.^{5, 108}

1.8. Zielsetzung der Arbeit

Ziel der Polarschaftstudie ist die Langzeitevaluation des zementfreien POLARSTEM® Hüftschafte über einen festgelegten Zeitraum von insgesamt zehn Jahren.

Ziel dieser Arbeit ist die Erfassung von klinischen und radiologischen Erkenntnissen fünf Jahre nach Implantation des zementfreien POLARSTEM® Hüftschafte. Anhand des Harris-Hip-Scores (HHS) und Western Ontario and McMaster Osteoarthritis Index (WOMAC) sollen die klinischen Erkenntnisse bewertet werden. Die radiologischen Ergebnisse werden mittels röntgenologischer Verlaufsuntersuchungen evaluiert. Die Beurteilung fokussiert sich vor allem auf Veränderungen hinsichtlich der Schmerzen und Lebensqualität der Patienten. Des Weiteren werden Funktionalität und Bewegungsausmaß der operierten Hüfte sowie etwaige auftretende Komplikationen evaluiert.

2. Material und Methoden

2.1. Patientenkollektiv

Nach Vorliegen des positiven Ethikvotums wurden im Zeitraum von Ende März 2009 bis Ende Februar 2010 72 Patienten mit insgesamt 75 versorgten Hüften aus dem Einzugsgebiet des Universitätsklinikums Gießen und Marburg (UKGM), Standort Marburg, in die Studie aufgenommen. Bei allen Patienten war die Implantation einer totalen Endoprothese (TEP) des Hüftgelenks indiziert. Die Patienten wurden hinsichtlich des Ablaufs und Ziels der Studie sowie der unterschiedlichen operativen Therapiemöglichkeiten ausführlich aufgeklärt. Zudem wurde eine schriftliche Einverständniserklärung eingeholt.

Da es sich um eine multizentrische Studie handelt, wurden im Kantonsspital Aarau (Schweiz) und in der Universitätsklinik Bochum jeweils 75 weitere Patienten in die Studie eingeschlossen. Somit ergibt sich ein Patientenkollektiv von insgesamt 225 Patienten in 3 verschiedenen Studienzentren.

2.1.1. Einschlusskriterien

Als Einschlusskriterien für diese Studie galten:

- primäre oder sekundäre Coxarthrose
- rheumatoide Arthritis
- dysplastische Coxarthrose (Crow I und II)
- Fraktur oder avaskuläre Femurkopfnekrose
- keine generellen Kontraindikationen hinsichtlich des chirurgischen Eingriffs
- primäre Totalendoprothese der betroffenen Seite, unilateral oder bilateral
- Alter des Patienten am Operationstag bis einschließlich 75 Jahre

2.1.2. Ausschlusskriterien

Als Ausschlusskriterien für diese Studie galten:

2. Material und Methoden

- Revisionen fehlgeschlagener Hüft-Totalendoprothesen
- Vorhandensein von Endoprothesen an der betroffenen Hüfte
- frühere Infektion des betroffenen Gelenks; systemische Infektionen
- stark insuffizienter Knochenstock an Femur oder Acetabulum der betroffenen Hüfte
- Charcot Gelenk oder schwerwiegende neurosensorische Defizite
- schwerwiegende spinale Beschwerden
- Alter des Patienten am Operationstag über 75 Jahre
- hohe Komorbidität (pulmonal, kardiovaskulär)
- zementierte Hüftpfanne

2.2. Der zementfreie POLARSTEM®

Das POLARSTEM®-Schaftsystem liegt als zementierte und zementfreie Version vor. Das Konzept bietet eine optimale Knochenverankerung und hervorragende mechanische Eigenschaften.^{5, 108, 160, 161} Auf Basis des Selbstverblockungsprinzips erlaubt die Schaftform eine einfache Implantation mittels aller wenig invasiven Operationszugänge. Der spiegelpolierte Hals reduziert zudem das Risiko der Beschädigung des Einsatzes bei Auftreten eines Impingements. Der optimierte Konus ist vollständig vom Kugelkopf umschlossen und zeigt einen fließenden Übergang zum spiegelpolierten Hals. Darüber hinaus weist der Kugelkopf keinen scharfkantigen unteren Rand auf. Die optimierte dritte Artikulation wird vervollständigt durch den hohen Kopf-Hals-Quotienten. Dieser entsteht durch den dünnen Hals und vergrößert das Bewegungsausmaß erheblich. Die proximalen Riefen verhindern das Absinken des Schaftes. Sie sind senkrecht zur inneren Krümmung und mittleren Lastrichtung ausgerichtet. Die distalen Riefen verlaufen entgegengesetzt zur Rotationsrichtung. Dadurch wird die Rotationsstabilität erhöht und die Kraft optimal verteilt. Die kontinuierliche Riefe nach kaudal an der Schaftaußenseite verhindert die Entstehung einer Bruchquelle. Der doppelkonische Schaft mit seinem großen proximalen Abschnitt ermöglicht eine bessere Fixation und Rotationsstabilität. Der schlanke und kurze distale Anteil erleichtert Einsetzen und Positionierung des Schaftes.^{160, 161}

2. Material und Methoden



Abbildung 1: zementfreier Polarstem® in 3D- (A), lateraler (B) und medialer (C) Ansicht (mit freundlicher Genehmigung der Smith & Nephew Plus Orthopedics AG)

Das Material des zementfreien POLARSTEM® besteht aus einer Titanlegierung (Ti6Al4V) mit einer porösen Titan-Plasmaspray-Beschichtung ($150\mu\text{m} \pm 75\mu\text{m}$) für eine erhöhte Oberflächenrauheit. Zusammen mit der Hydroxylapatit-Beschichtung ($80\mu\text{m} \pm 20\mu\text{m}$) wird eine sehr gute Primärstabilität und Osteointegration erreicht.^{160, 161}

Insgesamt stehen 4 Schaftsortimente zur Auswahl:

- Standard- oder Lateralschaft
- zementiert oder zementfrei

Die zementfreie Version liegt aktuell in Form von zwölf Standard-Schäften in den Größen 01-10 mit einem CCD-Winkel von 135° und zehn Lateral-Schäften in den Größen 1-10 mit einem CCD-Winkel von 126° vor.¹⁵⁸

Das Standardsortiment weist einen größeren Versatz zur Vermeidung einer Medialisierung des Schaftes auf, welche eine häufige Ursache für Luxationen darstellt. Um die Muskelspannung der Fasciae latea zu erhalten, sind die Lateralschäfte mit einem um 3,5 mm größeren Offset und einer um 2,5 mm größeren Varisation als der Standardschaft ausgestattet. Zudem zeigt sich von Größe zu Größe eine Größenzunahme in alle Richtungen, sodass für jede Knochengröße das passende Implantat vorhanden ist.¹⁶¹

2.3. EP-FIT PLUS® zementfreies Press-Fit-Pfannensystem



Abbildung 2: EP-Fit-Plus® zementfreies Pfannensystem (mit freundlicher Genehmigung der Smith & Nephew Plus Orthopedics AG)

2.3.1. Zementfreie EP-FIT PLUS® Pfanne

Die Besonderheit der zementfreien EP-FIT PLUS® Pfanne ist neben einer minimalen Knochenresektion das Konzept des „Triple Radius Profils“ (TRP). Dieses wird aus einer primären Verankerungszone (Radius 1), einer Übergangszone (Radius 2) und einer Polzone (Radius 3) gebildet, welche fließend ineinander übergehen und zu einer hohen Primärstabilität beitragen.¹⁵⁹

In der primären Verankerungszone (Radius 1) ist die Pfanne im Verhältnis zum nativen Acetabulum 2-3% zu groß, was einen sehr engen Kontakt in der Randzone der Pfanne ermöglicht. Dadurch ist die Primärstabilität sehr hoch und ein Kippen der Pfanne wird verhindert.^{157, 159}

Die Übergangszone (Radius 2) ist gekennzeichnet durch einen stufenweisen Spannungsabbau in Polrichtung. Dieser vom Rand zur Kuppel des Acetabulums abnehmende Spannungsgradient bewirkt die Umverteilung eines großen Prozentsatzes der mechanischen Belastung auf die Seitenwand des Acetabulums. Durch diese gute Kraftverteilung können Spannungsspitzen vermieden werden.^{157, 159}

Die Polzone (Radius 3) schont den Knochen im zentralen Bereich. Ursächlich hierfür ist der nach Implantation entstehende ca. 2mm breite Spalt zwischen Pfannendach und dem halbkugelförmig ausgefrästen Acetabulum. Dieser Freiraum variiert jeweils in Abhängigkeit von der Qualität und Elastizität des Knochens. Das Ergebnis ist ein enger

2. Material und Methoden

Kontakt in der Randzone der Pfanne und ein relativ schwacher Kontakt in der Polzone, was eine günstige Vorspannung der Seitenwand des Acetabulums bewirkt. Diese sphärische Vorspannung ist die Basis des Press-fit-Verankerungsprinzips. Hierdurch wird das Frakturrisiko des Acetabulums während der Implantation reduziert und aufgrund der großflächigen Verbindung zwischen Knochen und Seitenwand des Acetabulums eine hohe Primärstabilität erreicht. Zudem wird die Rotationsstabilität des Implantats durch hinzugefügte Rippen verbessert.^{157, 159}

Die sichere und langfristige Knochenintegration führt außerdem zu einer sehr guten Sekundärstabilität. Die Oberflächen sind mit hochgradigem, offenporigem (Porosität von 20-40%) reinen Titan mittels Vakuum-Plasmaspray beschichtet. Das Grundmaterial besteht dabei aus reinem Titan (ISO 5832-2), bedeckt von einer Titan-Basissschicht (50µm). Anschließend wird eine Hydroxylapatitschicht aufgetragen. Das Ergebnis ist eine hohe Oberflächenrauheit von 150-240µm mit optimaler Adhäsion.¹⁵⁹



Abbildung 3: zementfreie EP-Fit-Plus®-Pfanne (mit freundlicher Genehmigung der Smith & Nephew Plus Orthopedics AG)

Die EP-FIT PLUS® Pfanne gibt es in Größen mit Durchmessern von 40mm bis 68mm. Neben der Standardpfanne gibt es auch eine Version mit einem oder mehreren Löchern für eine zusätzliche Verschraubung im Acetabulum bei hoher Dislokationsgefahr.¹⁵⁹

2.3.2. REXPOL® Inlay

2. Material und Methoden

Das REXPOL® Inlay besteht aus vernetztem, ultrahoch-molekulargewichtigem Polyethylen (cross-linked ultra-high-molecular weight polyethylene CL-UHMWPE).¹³⁴

Der formschlüssige Sitz des Einsatzes vermeidet mikroskopische Bewegungen und schützt vor Abnutzung. Durch die Kongruenz der Pfanneninnenfläche und der äußerlichen Geometrie des Inlays wird eine perfekte Verbindung zwischen Pfanne und Einsatz geschaffen.¹⁵⁹

Für einen besseren Luxationsschutz kann statt des REXPOL® Standard Inlays die Antiluxations-Version (REXPOL® Hooded) verwendet werden.

2.3.3. BIOLOX® Kugelkopf

In dieser Studie wurde das REXPOL® Inlay mit dem Keramik-Kugelkopf *BIOLOX® forte* der Firma CeramTec AG (Plochingen, Deutschland) kombiniert (Gleitpaarung x-linked/Ce). Das Material dieses Kugelkopfs besteht aus einer heißisostatisch gepressten (HIPed) Aluminiumoxid-Keramik und wurde erstmals im Jahr 1995 eingeführt. Es zeichnet sich im Vergleich zu den Vorgängermaterialien durch eine kleinere Korngröße (1,8µm), geringere Porosität sowie eine höhere Dichte (3,98Mg/m³) aus. Dies soll zu deutlich weniger Abrieb führen.¹²⁷

Von allen vorhandenen Kopfgrößen wurden nur die Größen von 28mm und 32mm Durchmesser verwendet und mit den passenden Halslängen (XS, S, M, L, XL, XXL) des zementfreien POLARSTEM® kombiniert.



Abbildung 4: REXPOL® Inlay (mit freundlicher Genehmigung der Smith & Nephew Plus Orthopedics AG)



Abbildung 5: BIOLOX® Kugelkopf (mit freundlicher Genehmigung der Smith & Nephew Plus Orthopedics AG)

2.4. Operationsmethode

2.4.1. Präoperative Planung

Die präoperative Planung ist sowohl zur Größenbestimmung der femoralen und acetabulären Komponenten als auch zur Berücksichtigung spezieller anatomischer Besonderheiten des Patienten von Bedeutung. Im UKGM wird dies anhand einer tiefeingestellten Beckenaufnahme mit einem Kopf-Probekörper der Größe 32mm gemacht. Auf dieses Röntgenbild werden computergestützt die jeweiligen Schaftschablonen gelegt und die geeignete Größe bestimmt. Das passende Rotationszentrum (Center of Rotation) des Femurkopfes wird durch die richtige Halslänge des Schaftes gewährleistet. Höhe und Winkel der Femurhalsresektion bestimmen die optimale Länge und den Versatz des Schaftes. Die ideale Position der Pfanne wird in Relation zur Tränenfigur des Acetabulums bestimmt. Bei der präoperativen Planung sollten in jedem Fall mögliche Beinlängendifferenzen der Patienten mit berücksichtigt werden.^{157, 158}

2.4.2. Operationstechnik

Bei diesem Patientenkollektiv erfolgte die Operation in 72 Fällen über den konventionellen transglutealen Zugang (96%). Die Operationszeit betrug hier im Mittel 60 Minuten. Nur bei drei Fällen (4%) wurde ein minimal-invasiver anteriorer Zugang gewählt mit einer durchschnittlichen Operationsdauer von 93 Minuten. 64 Patienten wurden in Vollnarkose operiert (85,33%), elf Patienten bekamen eine Spinalanästhesie (14,66%).

2.4.2.1. Transglutealer Zugang (konventionell)

Bei diesem operativen Zugang liegt der Patient in gestreckter Rückenlage. Nach gründlicher Desinfektion des Operationsfeldes und steriler Abdeckung erfolgt der Hautschnitt. Dieser beginnt etwa 3-4cm proximal und dorsal der Spina iliaca anterior superior und führt in einer leichten Kurve über den Trochanter major ungefähr 7-8cm nach distal. Nach Durchdringen des subkutanen Fettgewebes wird die Faszie dargestellt

2. Material und Methoden

und gemäß des Faserverlaufs eröffnet. Nun werden die Mm. glutei medius und minimus sowie der M. vastus lateralis am vorderen Drittel abgelöst und können in einer zusammenhängenden Schicht nach vorne abgehalten werden. Anschließend werden die Fasern des M. gluteus medius und minimus getrennt. Mit Hilfe mehrerer Hohmann-Hebel wird die Gelenkkapsel dargestellt und eröffnet. Nach Entfernung des Femurkopfes erfolgt die vollständige Exzision der Gelenkkapsel.⁸

2.4.2.2. Anteriorer Zugang (minimal invasiv)

Der Zugang macht sich die Muskellücke zwischen Mm. tensor fasciae latae und glutei medius et minimus lateral sowie den Mm. sartorius und rectus femoris medial zu Nutze. Der ca. 7cm lange Hautschnitt beginnt bei dem auf dem Rücken liegenden Patienten ungefähr 2-3cm unterhalb und lateral der Spina iliaca anterior superior. Er sollte zudem soweit distal und lateral wie möglich durchgeführt werden, um eine Läsion des N. cutaneus femoris lateralis zu verhindern.^{131, 144}

Zur Darstellung des vorderen Anteils der Gelenkkapsel werden in der Tiefe der M. rectus femoris nach medial und die Mm. glutei medius et minimus nach lateral verdrängt. Sobald die Gelenkkapsel weiter exponiert wurde, erfolgt eine H-förmige Inzision. Nach Entfernung des Femurkopfes werden Retraktoren sternförmig um den Pfannenrand platziert. Somit wird eine vollständige Exposition der Pfanne gewährleistet.¹⁴⁴

2.4.2.3. Implantation der EP-Fit-Plus®-Pfanne

Die Osteotomie des Schenkelhalses beginnt lateral an der Fossa trochanterica (senkrecht zur Halsachse) und endet medial ungefähr einen Finger breit oberhalb des Trochanter minor. Die Höhe der Halsresektion kann bei Vorliegen spezieller anatomischer Besonderheiten (wie zum Beispiel einer Beinlängendifferenz) verändert werden.¹⁵⁸

Nun wird die Gelenkkapsel teilweise oder komplett reseziert, um eine gute Sicht auf das Acetabulum zu gewährleisten. Anschließend wird das Acetabulum ausgefräst. Hierbei wird mit der kleinsten Fräse begonnen. Schrittweise wird dann die jeweils nächstgrößere Fräse benutzt, bis die Knorpelschicht komplett abgetragen ist und der subchondrale

2. Material und Methoden

Knochen frei liegt. Harter, sklerotischer Knochen in der Polregion sollte soweit möglich abgetragen, in der Peripherie jedoch erhalten werden.¹⁵⁷

Nachfolgend wird die Implantatgröße anhand verschiedener Probepfannen ermittelt und auf rotationsstabilen Sitz geprüft. Daraufhin wird die entsprechende Originalpfanne mittels Inserter und Hammer eingeschlagen. Knochenspäne des letzten Fräsvorgangs können zur Defektdeckung gleichmäßig im Acetabulum verteilt werden. Um ein optimales Ergebnis zu erzielen, sollte die Lage der Pfanne eine Inklination von 40-50° und eine Anteversion von 10-20° aufweisen. Unter besonderen Umständen kann die Pfanne mit Schrauben zusätzlich fixiert werden. Anschließend wird das passende REXPOL® Inlay in Standard- oder Antiluxationsversion eingesetzt.¹⁵⁷

2.4.2.4. Implantation des zementfreien POLARSTEM®-Schaftes

Zur besseren Darstellung des Schenkelhalsstumpfes wird das Bein adduziert und nach außen rotiert. Die Eröffnung der Markhöhle erfolgt mit einem achsversetzten Kastenmeißel. Für eine gute Valgus- bzw. Varuspositionierung sollte dieser möglichst nah an der Basis des Trochanter major angesetzt werden.¹⁵⁸ Anschließend wird eine Reibahle in den Markraum eingeführt. Zur Verdichtung der Spongiosa wird empfohlen, die Reibahle gegen den Uhrzeigersinn zu drehen. Durch Drehen im Uhrzeigersinn kann die Reibahle tiefer in den Knochen vorwärts bewegt werden. Überschüssiges Knochenmaterial sollte entfernt werden.¹⁵⁸ Beginnend mit der kleinsten Raspel wird nach und nach die nächstgrößere Raspel eingeführt, bis die geeignete Raspel fest sitzt. Die Höhe der HA-Beschichtung des später einzusetzenden POLARSTEM® ist auf der Raspel angegeben und sollte komplett vom Femur bedeckt sein. Da ein guter proximaler Sitz die Stabilität verbessert, sollte die zuerst eingeführte Raspel dem Kalkar so nah wie möglich anliegen.¹⁵⁸

Sobald die passende Proberaspel platziert ist, wird der Adapter entfernt und ein Probehals (standard oder lateralisiert) aufgesetzt. Nach Ermittlung der richtigen Probekopfgröße durch Testung von Bewegungsausmaß und Stabilität werden alle Probekörper wieder entfernt.¹⁵⁸ Mit Hilfe eines Schaftstoßkörpers kann nun der zementfreie POLARSTEM® in passender Größe eingeführt werden, wobei der Rand der HA-Beschichtung die erforderliche Einbringtiefe vorgibt. Anschließend wird der Keramikkugelpfkopf BIOLOX® auf dem Konus positioniert und das neue Hüftgelenk reponiert.¹⁵⁸

2.4.2.5. Wundverschluss

Bevor mit dem Wundverschluss begonnen wird, muss das neue Hüftgelenk hinsichtlich seiner Funktionsfähigkeit geprüft werden. Wird die Funktion als zufriedenstellend bewertet und liegen keine Beinlängendifferenzen vor, kann die Gelenkkapsel vernäht und die Muskellücke geschlossen werden. Nach Einlage einer subfaszialen Redondrainage erfolgt die Fasziennaht. Eine zweite Redondrainage wird epifaszial eingebracht. Anschließend wird eine Subkutannaht durchgeführt und die Drainagen angeschlossen. Der Hautverschluss erfolgt mit Klammern. Abschließend wird die Naht steril abgedeckt und ein Kompressionsverband angelegt.¹⁵⁸

2.4.3. Postoperative Versorgung

Die postoperative Versorgung erfolgte abhängig von Alter und allgemeinem Gesundheitsstatus des jeweiligen Patienten gemäß der S2-Leitlinie. Wichtige Bestandteile sind der schnellstmögliche Beginn einer Bewegungstherapie, eine angemessene Analgesie sowie die zeitnahe postoperative Röntgenkontrolle. Eine Thromboseprophylaxe erfolgte bis Erreichen der Vollbelastung. Diese wurde unter regelmäßigen Laborkontrollen der Gerinnungsparameter durchgeführt.

Auf Extreimbewegungen wie Flexion des Hüftgelenkes über 90° Grad oder verstärkte Adduktion bzw. Innen- und Außenrotation sollte in den ersten sechs Wochen nach der Operation verzichtet werden. Zudem wurde eine Ossifikationsprophylaxe durchgeführt. Zusätzlich war ein intensives individuelles physiotherapeutisches Training Teil der stationären Nachbehandlung und wurde anschließend im Rahmen einer Anschlussheilbehandlung direkt aus dem stationären Aufenthalt fortgeführt.

2.5. Allgemeiner Patientenbefund

2.5.1. Aktivitätseinschätzung

Die Aktivität der Patienten wurde mit Hilfe unten stehender Skala eingeschätzt. Anhand von Beispielen bezüglich der Leistungsfähigkeit wurden die Patienten in die Aktivitätsstufen „schwer“, „mittel“, „leicht“ und „inaktiv“ eingeteilt, um eine Vergleichbarkeit zu ermöglichen.

Körperliche Aktivität	Der Patient oder die Patientin:
Schwer	<ul style="list-style-type: none">- verrichtet körperliche Schwerarbeit- übt eine Sportart aus, die große Belastungen der Gelenke bewirkt, sog. Impact Sports wie Tennis, Rennen, Ski, Akrobatik, usw.
Mittel	<ul style="list-style-type: none">- verrichtet den gesamten Haushalt alleine (inkl. Einkäufe)- ist beruflich aktiv tätig (nicht sitzend, jedoch keine Schwerarbeit)- übt sportliche Aktivitäten wie Fahrrad fahren, Schwimmen, Wandern aus
Leicht	<ul style="list-style-type: none">- verrichtet einfache Tätigkeiten im Haushalt- hat eine sitzende Tätigkeit im Beruf ohne körperliche Anstrengung- kann auch längere Spaziergänge unternehmen
Inaktiv	<ul style="list-style-type: none">- ist bettlägerig und/oder von anderen Personen abhängig

Tabelle 1: Einschätzung der körperlichen Aktivität der Patienten

2.5.2. Medikation

Hinsichtlich der Medikation der Patienten wurde der Fokus besonders auf die Einnahme von Nicht-steroidalen Antirheumatika (NSAR) sowie Schmerzmittel anderer

2. Material und Methoden

Wirkungsklassen gelegt. In der Rubrik „Schmerzmittel“ wurden Opioide und Nicht-Opioide zusammengefasst. NSAR wurden gesondert vermerkt. Zudem wurden in der Kategorie „Sonstiges“ alle weiteren eingenommenen Medikamente zusammengefasst.

2.5.3. Klassifikation nach Charnley

Im Jahr 1972 führte John Charnley eine Patientenklassifikation für die Ergebnisbeurteilung nach hüftendoprothetischer Versorgung ein. Hierbei wird Gehfähigkeit des Patienten anhand operationsspezifischer und patientenspezifische Faktoren beurteilt.¹⁴⁷

Klasse A beinhaltet Patienten mit nur einer betroffenen Hüfte (ipsilateral) und ohne einen weiteren Faktor, der die Gehfähigkeit beeinträchtigt. Klasse B erfasst alle Patienten, bei denen beide Hüften betroffen sind (bilateral). Der Rest des Körpers ist bei diesen Patienten jedoch in normalem Zustand und daher nicht verantwortlich für eine weitere Beeinträchtigung der Gehfähigkeit. In Klasse C sind schließlich alle Patienten zusammengefasst, die sonstige, eine normale Fortbewegung behindernde, Faktoren aufweisen. Hierzu zählen zum Beispiel Polyarthrit, Senilität, Halbseitenlähmung sowie kardiovaskuläre und respiratorische Einschränkungen.²⁷

2.6. Fragebögen und Scores

2.6.1. Harris-Hip-Score (HHS)

Der Harris Hip Score wurde 1969 von dem amerikanischen Orthopäden und Unfallchirurg *William H. Harris* entwickelt. Die zwei wesentlichen Gesichtspunkte sind Schmerzen und Funktion, da diese bei einer großen Mehrheit der Patienten mit Hüftproblemen die Notwendigkeit eines operativen Eingriffs begründen. Bewegungsumfang und die Abwesenheit von Deformitäten sind die zwei weiteren Hauptkategorien, die den Fragebogen komplettieren.⁷⁰

Es kann eine Maximalpunktzahl von 100 Punkten erreicht werden. Je höher der Punktwert, desto weniger Hüftbeschwerden bestehen bei dem jeweiligen Patienten. Ein Ergebnis von <70 Punkten wird als schlecht bewertet. 70-80 Punkte werden als ausreichend, 80-90 Punkte als gut und 90-100 Punkte als exzellent erachtet.⁷⁰

Kategorie:	Punktzahl:
Schmerzen	44
Funktion	47
Bewegungsumfang	5
Abwesenheit von Deformitäten	4
Total	100

Tabelle 2: Kategorien des HHS nach ⁷⁰

Die Bewertung des subjektiven Schmerzempfindens der Patienten erfolgt mittels folgender Abstufung:⁷⁰

Hüftschmerzen	Punktzahl
Keine oder zu vernachlässigen	44
Minimal; ohne Einfluss auf Aktivität	40
Leicht; nach längerer Aktivität	30
Mittel; behindert normale Aktivität	20
Schwer; Aktivität stark beeinträchtigt	10
Schwerst; keine Aktivität möglich, bettgebunden	0

Tabelle 3: Bewertung des subjektiven Schmerzempfindens nach ⁷⁰

2. Material und Methoden

Die Kategorie „Funktion“ ist aufgegliedert in tägliche Aktivitäten (maximal 14 Punkte) und Gangbild (maximal 33 Punkte). Somit kann in der Kategorie „Funktion“ eine Maximalpunktzahl von 47 Punkten erreicht werden.⁷⁰

Die Funktionsfähigkeit des Patienten im Alltag wird anhand folgender vier Fragen beurteilt:

Tägliche Aktivität	Antwortmöglichkeit	Punkte
Benützung öffentlicher Verkehrsmittel	Ja, möglich	1
	Nein, unmöglich	0
Schuhe/Strümpfe anziehen	Problemlos	4
	Mühsam	2
	Unmöglich	0
Treppensteigen	Fuß vor Fuß, ohne Geländer	4
	Fuß vor Fuß, mit Geländer	2
	Mühsam, Fuß neben Fuß	1
	Unmöglich	0
Sitzen	In jedem Stuhl problemlos 1h	5
	In Spezialstuhl problemlos 1 ½ h	3
	Bequemes Sitzen unmöglich	0

Tabelle 4: Funktionsfähigkeit im Alltag nach ⁷⁰

Das Gangbild wird hinsichtlich Hinken, Gebrauch von Gehhilfen sowie der Gehstrecke charakterisiert.⁷⁰

	Antwortmöglichkeit	Punkteverteilung
Hinken	kein	11
	leicht	8
	mittelstark	5
	schwer	0
Gehhilfe	keine	11
	ein Stock für lange Strecken	7
	ein Stock für die meiste Zeit	5
	eine Krücke	3
	zwei Stöcke	2

2. Material und Methoden

	zwei Krücken oder gehunfähig	0
Gehstrecke	unbeschränkt, mehrere Stunden	11
	längere Strecken, bis 2km	8
	tägliche Besorgungen, bis 500m	5
	nur Wohnung, bis 50m	2
	Bett/Stuhl/gehunfähig	0

Tabelle 5: Analyse des Gangbilds nach ⁷⁰

Obwohl der Trendelenburg Test ein wichtiger Bestandteil der Beurteilung der Hüftfunktion ist, wird er im HHS zwar erfasst, fließt jedoch nicht in die Bewertung mit ein. Das kommt daher, dass viele Patienten zwar ein einmalig negatives Testergebnis präsentieren, jedoch schon nach wenigen Schritten nicht mehr gehfähig sind.⁷⁰

Die Punktzahl für den Bewegungsumfang wird als Summe der sechs Einzelbewegungen Flexion, Extension, Abduktion, Adduktion, Innenrotation und Außenrotation berechnet. Hierzu wird der Bewegungsgrad der jeweiligen Einzelbewegung mit einem dazugehörigen Index-Faktor multipliziert:⁷⁰

Einzelbewegung	Bewegungsgrad	Index	Punktwert
Flexion	0-45°	1.0	45
	45-90°	0.6	27
	90-110°	0.3	6
	110-130°	0.0	0
Abduktion	0-15°	0.8	12
	15-20°	0.3	1.5
	20-45°	0.0	0
Außenrotation	0-15°	0.4	6
	>15°	0.0	0
Innenrotation	>0°	0.0	0
Adduktion	0-15°	0.2	3
	>15°	0.0	0
Extension	>0°	0.0	0

Tabelle 6: Bewertung des Bewegungsumfangs nach ⁷⁰

2. Material und Methoden

Die Summe der in den Einzelbewegungen erreichten Punktwerte kann maximal 100,5 betragen und wird anschließend zur Endwertberechnung mit 0,05 multipliziert. In dieser Kategorie kann also eine Maximalpunktzahl von 5 Punkten erreicht werden.⁷⁰

Die letzten vier Punkte werden für die Abwesenheit von Deformitäten vergeben. Bei folgenden vorliegenden Gegebenheiten werden diese vier Punkte nicht gegeben:⁷⁰

- permanente Flexionskontraktur von über 30°
- mehr als 10° fixierte Adduktion
- mehr als 10° fixierte Innenrotation in Extension
- Beinlängendifferenz größer als 3,2cm

2.6.2. WOMAC und HOOS

1982 beschrieb *N. Bellamy* erstmalig die Entwicklung des Western Ontario and MacMaster Universities (WOMAC) Osteoarthritis Index zur Erfassung klinisch wichtiger, patientenrelevanter Symptome bei Osteoarthritis. Dieser Index ist sowohl für Hüft- als auch für Kniebeschwerden anwendbar und wurde im Zeitraum von 1982-1999 validiert und eingeführt.^{11, 12}

Die originale Testversion des WOMAC Index beinhaltete fünf Dimensionen: Schmerz, Steifheit sowie körperliche, emotionale und soziale Funktion (WOMAC 5.0). Im Zuge der Validierung setzte sich jedoch eine Version nur mit den drei Bereichen Schmerz, Steifheit und körperliche Funktion mit insgesamt 24 Fragen durch (WOMAC 3.1 Serie).¹²

In der ersten Dimension werden die Schmerzen bei fünf verschiedenen Tätigkeiten, wie „Gehen auf ebenem Boden“ oder „Treppensteigen“, bewertet. Die Steifheit wird mit zwei Elementen erfasst: Steifheit morgens beim Aufwachen und im Tagesverlauf. Den größten Teil nimmt die Beurteilung der körperlichen Funktion ein, welche aus 17 Einzelfragen besteht. Hier wird zum Beispiel auf das Verrichten leichter und schwerer Hausarbeiten, das Aufstehen vom Bett oder das Ein- und Aussteigen in/aus einem Auto eingegangen.^{1,}

^{11, 13}

Der WOMAC Index ist in 80 verschiedenen Sprachen vorhanden,¹ wobei auch eine deutsche Version ausführlich evaluiert wurde.¹⁶⁸ Die erhältlichen Formate sind eine

2. Material und Methoden

Likert-Skala mit fünf Elementen, eine 100mm visuelle Analogskala oder eine numerische Rating-Skala mit 11 Abstufungen.¹²

Die Beantwortung des WOMAC kann vom Patienten eigenständig durchgeführt werden und nimmt ungefähr fünf Minuten in Anspruch. Je höher der erreichte Punktwert, desto schwerwiegender sind die Patienten eingeschränkt.¹

Der HOOS-Fragebogen (Hip disability and Osteoarthritis Outcome Score) beinhaltet alle 24 Einzelfragen des WOMAC in unveränderter Form, wobei die Kategorie „Schwierigkeiten im täglichen Leben“ des HOOS der Kategorie „Funktion“ des WOMAC Index entspricht. Eigentlich besteht der HOOS-Fragebogen aus fünf Kategorien mit insgesamt 40 Einzelfragen. Neben den Bereichen Schmerz (zehn Fragen), Symptome einschließlich Steifheit und Bewegungsumfang (fünf Fragen) und Schwierigkeiten im täglichen Leben (17 Fragen) fließen auch die Funktion während Sport- oder Freizeitaktivitäten (vier Fragen) sowie die Lebensqualität in Bezug auf die Hüfte (vier Fragen) in die Berechnung des Punktwertes ein.^{97, 128, 130}

In dieser Studie wurde nur der WOMAC-Anteil des HOOS-Fragebogens verwendet. Die Patienten sollten die in der letzten Woche vorhandenen Schmerzen, Steifheit und Schwierigkeiten im täglichen Leben anhand einer fünfgliedrigen Likert-Skala beurteilen. Die verschiedenen Antwortmöglichkeiten sind hier: keine (0 Punkte), wenige (1), mäßige (2), starke (3) oder sehr starke (4) Schmerzen/Schwierigkeiten.^{97, 128, 130}

Um eine Vergleichbarkeit zu ermöglichen wird die Summe der erreichten Punktzahlen in eine 0-100 Skala umgerechnet, wobei 0 keine und 100 extreme Schmerzen, Steifheit oder Schwierigkeiten anzeigt.⁹⁷

2.7. Röntgenbeurteilung

Wie im Studienprotokoll vorgegeben, wurden postoperativ sowie bei den Verlaufskontrollen drei Monate, ein Jahr, drei Jahre und fünf Jahre nach der Hüft-TEP-Implantation Röntgenbilder erstellt. Bei den Verlaufskontrollen wurden jeweils eine Beckenübersichtsaufnahme im anterior-posterioren Strahlengang sowie eine axiale Aufnahme der betroffenen Hüfte angefertigt. Gemäß der Kriterien von *Johnston et al.*⁸⁶ werden sowohl die Position der Pfanne als auch des Schaftes beurteilt. Bei der Pfannenposition wird der Fokus auf eine etwaige Migration nach kranial oder medial (in mm) und eine mögliche Kippung (in Grad) gelegt. Bei der Schaftposition stehen eine Varus- bzw. Valguskippung (in Grad) sowie ein mögliches Einsinken (in mm) im Vordergrund. Zudem wird die generelle Position der Pfanne bzw. des Schaftes beurteilt.

2.7.1. Klassifikation nach Brooker

1973 entwickelte *Andrew F. Brooker* eine Einteilung, welche ektopische Verknöcherungen nach totalem Hüftgelenkersatz vier unterschiedlichen Graden zuordnet.²¹

Grad I beschreibt das Vorhandensein einzelner Knocheninseln in den periartikulären Weichteilen. Grad II umfasst Knochen oder Exophyten, die vom Becken oder proximalen Ende des Femurs ausgehen und einen Abstand von mindestens einem cm zur gegenüberliegenden Knochenfläche haben. Grad III beinhaltet Knochen oder Exophyten ausgehend vom Becken oder proximalen Ende des Femurs mit einem Abstand von weniger als einem cm zueinander. Grad IV zeigt schließlich eine knöcherne Spange bzw. Ankolyse zwischen Becken und proximalem Ende des Femurs.^{21, 78}

Die ursprüngliche Einteilung nach Brooker beinhaltete keinen Grad 0. Nachfolgende Studien^{149, 152, 186} definierten diesen jedoch als Abwesenheit von heterotopen Ossifikationen.⁷⁸

Die Klassifizierung wird anhand von Röntgenaufnahmen im anterior-posterioren Strahlengang vorgenommen.^{78, 186}

2.7.2. Zoneneinteilung

1979 erarbeitete *Thomas A. Gruen* eine Einteilung des proximalen Femurs in sieben Zonen (1-7). Mittels anterior-posteriorer Röntgenbilder konnten nun etwaige radiologische Auffälligkeiten diesen sieben Zonen zur besseren Übersicht und Beurteilung zugeordnet werden.⁶⁹ Schon drei Jahre zuvor hatten *J. DeLee* und *J. Charnley* eine Einteilung des Acetabulums in drei Zonen (I-III) veröffentlicht.⁴²

Somit können im anterior-posterioren Strahlengang etwaige Säume, Osteolysen, Atrophien oder Hypertrophien sowohl des Schaft- als auch des Pfannenbereichs den verschiedenen Zonen zugeteilt werden.

Um diese radiologischen Veränderungen auch in axialen Röntgenaufnahmen genauer zuordnen zu können, wurden die Zonen nach *Gruen* um sieben weitere Zonen ergänzt (Zonen 8-14).⁸⁶ Auch die Einteilung des Acetabulums wurde um drei Zonen erweitert (Zonen IV-VI).

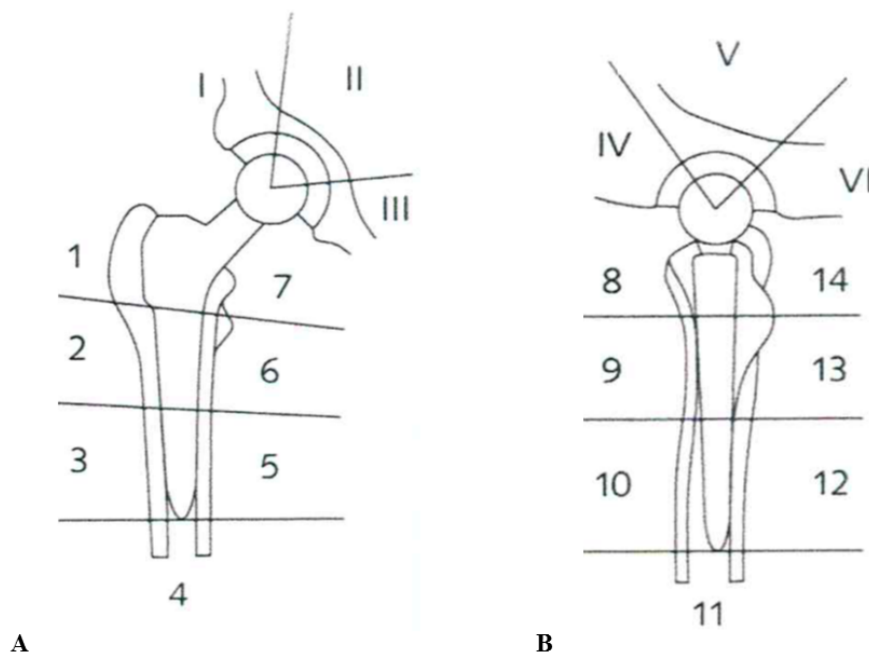


Abbildung 6: Zoneneinteilung des proximalen Femurs und Acetabulums in anterior-posteriorer (A) und axialer (B) Ansicht

2.8. Statistik

Die gesamte statistische Auswertung der Daten wurde mit einem statistischen Software Paket (R 3.2.4) sowie Microsoft Excel 2013 durchgeführt.

Für die dokumentierten unterschiedlichen Merkmale wurden Mittelwerte, Standardabweichungen, Mediane sowie einzelne Häufigkeiten berechnet. Zur graphischen Darstellung und besseren Vergleichbarkeit der Merkmalseigenschaften wurden Boxplots und Balkendiagramme erstellt. Die statistische Signifikanz wurde für Merkmale mit Normalverteilung mittels T-Test und für Merkmale ohne Normalverteilung mittels Mann-Whitney-U-Test ermittelt. Eine Signifikanz bezüglich der Scoreänderung zwischen den verschiedenen Zeitpunkten wurde mit dem Wilcoxon-Ranked-Sum-Test und Exact-Wilcoxon-Ranked-Sum-Test durchgeführt. Das Signifikanzniveau wurde auf $p \leq 0,05$ und das Konfidenzintervall auf 95% festgelegt.

Folgend wurden die Hypothesen für diese Studie formuliert. Die Nullhypothese besagt, dass sich bezüglich der überprüften Score-Werte keine Unterschiede zwischen den entsprechenden Untersuchungs-Follow-Ups zeigen. Die Alternativhypothese (H1) nimmt dagegen Unterschiede diesbezüglich zwischen den einzelnen Untersuchungs-Follow-Ups an. Zeigte ein statistischer Test ein Signifikanzniveau von $p \leq 0,05$ wurde die Nullhypothese zugunsten der Alternativhypothese verlassen.

Abschließend wurde die Standzeit der Prothese mit der Kaplan-Meier-Methode berechnet und analysiert.

3. Ergebnisse

3.1. Klinische Ergebnisse

3.1.1. Patientenkollektiv

Das Patientenkollektiv besteht aus 31 Männern (41,33%) und 44 Frauen (58,66%) mit einem Durchschnittsalter von 65,4 Jahren ($\pm 8,2$) und einem Median von 68,25 Jahren zum Zeitpunkt der Operation. Der jüngste Patient war 38,5 Jahre und der älteste Patient 75,4 Jahre alt. Die operierten Frauen ($66,8 \pm 7,9$) waren im Durchschnitt etwas älter als die männlichen Patienten ($63,4 \pm 8,3$).

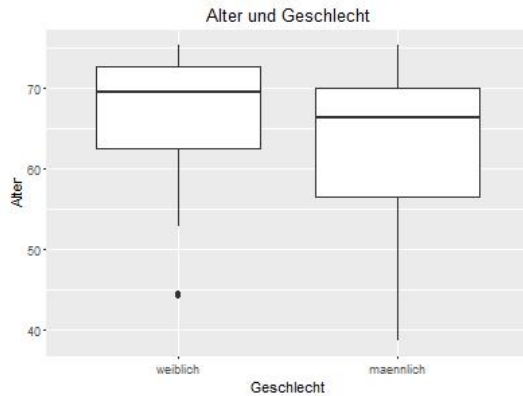
Die durchschnittliche Größe der Patienten betrug 169,5cm ($\pm 7,4$). Der kleinste Patient war 153cm und der größte 189cm groß. Das Gewicht erstreckte sich über ein Intervall von 52kg bis 136kg mit einem Mittelwert von 84,85kg ($\pm 15,18$). Beim Body-Maß-Index (BMI) errechnete sich ein präadipöser Mittelwert von 29,51kg/m² ($\pm 4,82$) und ein Median von 29,26 kg/m² für das gesamte Patientenkollektiv, wobei der niedrigste BMI 20,23kg/m² und der höchste 47,25kg/m² betrug. Nur 12 Patienten (16%) waren normalgewichtig.

BMI	Anzahl absolut	in Prozent
Normalgewicht	12	16
Präadipositas	29	38,7
Adipositas Grad I	29	38,7
Adipositas Grad II	2	2,6
Adipositas Grad III	3	4,0

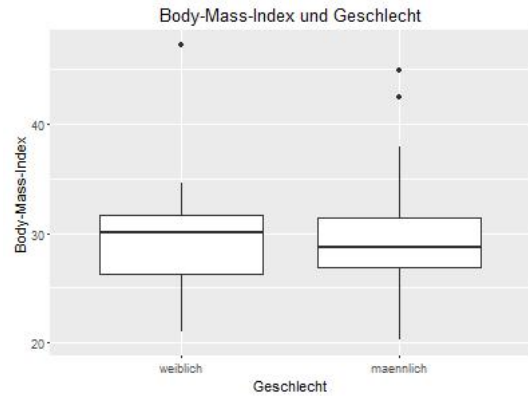
Tabelle 7: Gewichtsverteilung nach BMI

Der durchschnittliche BMI der Männer war mit 29,92 kg/m² ($\pm 5,15$) etwas höher als der der Frauen (29,22 kg/m² $\pm 4,62$).

3. Ergebnisse



Grafik 1: Altersverteilung nach Geschlecht



Grafik 2: BMI-Verteilung nach Geschlecht

In Hinblick auf die Seitenverteilung wurde die linke Seite deutlich häufiger operiert als die rechte Seite. Bei drei Patienten (zwei Männern und einer Frau) waren Eingriffe an beiden Seiten erfolgt.

Seite	Anzahl absolut	in Prozent
links	47	62,66
rechts	28	37,33

Tabelle 8: Seitenverteilung

Die mit Abstand häufigste Indikation für die Implantation der Totalendoprothese war die primäre Koxarthrose (siehe Tabelle 9).

Operationsindikation	Anzahl absolut	in Prozent
Primäre Koxarthrose	57	76,0
Koxarthrose durch Hüft dysplasie	8	10,7
Avaskuläre Femurkopfnekrose	7	9,3
Fraktur nach Hüftarthroskopie	1	1,3
Benigne Femurkopfzyste	1	1,3
Z. n. Epiphysiolysis capitis femoris lenta	1	1,3

Tabelle 9: Operationsindikationen

3. Ergebnisse

3.1.2. Präoperativer Status

Bei 13 der 75 Patienten (17,3%) waren in der Krankengeschichte frühere operative Eingriffe der betroffenen Extremität vermerkt. Einen Überblick gibt folgende Tabelle:

Voroperation	Anzahl absolut	in Prozent
Varikektomie	4	5,3
Knie-TEP	3	4,0
Hüftarthroskopie	1	1,3
Plattenosteosynthese bei Tibiakopffraktur	1	1,3
Plattenosteosynthese bei Weber-C-Fraktur	1	1,3
Stent Vena iliaca	1	1,3
Interne Fixation bei Epiphysiolysis capitis femoris	1	1,3
Osteotomie bei Dysplasie	1	1,3

Tabelle 10: Präoperativer Patientenstatus

Nur 9 der 75 Patienten (12%) wiesen keine allgemeinen Risikofaktoren auf. Bei den restlichen Patienten gliederte sich das Risikoprofil folgendermaßen:

Risikofaktor	Anzahl absolut	in Prozent
Kardiovaskulär	53	70,7
Sonstige	42	56,0
Adipositas	34	45,3
Diabetes mellitus	15	20,0
Thrombose/Thrombophlebitis	5	6,7
Neurologische Störung	3	4,0

Tabelle 11: Gliederung des Risikoprofils der Patienten

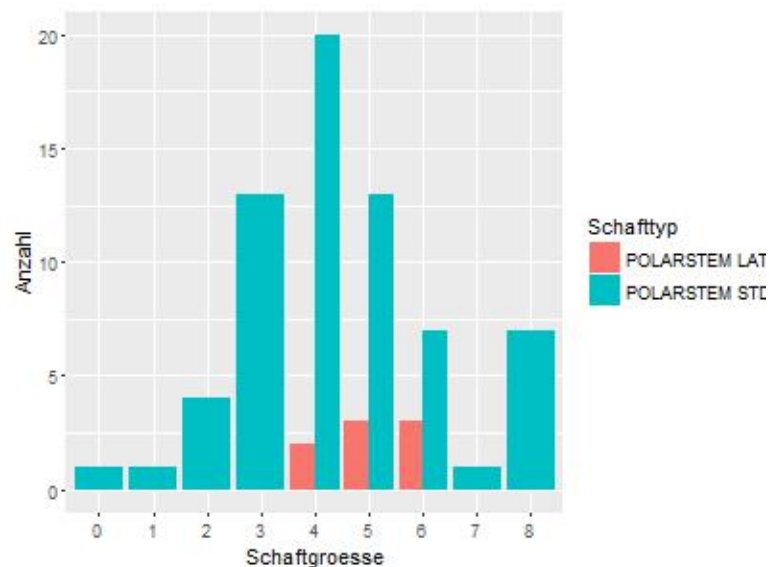
Zu den sonstigen Risikofaktoren zählen vor allem frühere Wirbelsäulenoperationen, maligne Geschehen sowie Lugen- und Schilddrüsenerkrankungen.

3. Ergebnisse

3.1.3. Operativer Eingriff

Der operative Eingriff dauerte durchschnittlich 61,55 Minuten ($\pm 15,9$) mit einem Median von 60 Minuten. Die Dauer des kürzesten Eingriffs betrug 26 Minuten, die des längsten 116 Minuten. 72 Patienten (96%) wurden konventionell über einen transglutealen Zugang operiert, nur drei Patienten (4%) minimal-invasiv über einen anterioren Zugang. In 64 Fällen (85,3%) wurde der Eingriff unter Vollnarkose durchgeführt, bei 11 Patienten (14,7%) wurde eine Spinalanästhesie bevorzugt.

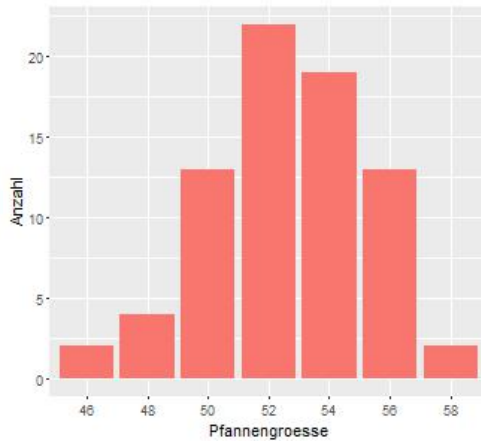
Bei allen Patienten wurde der zementfreie POLARSTEM® implantiert. In 67 Fällen (89,3%) wurde die Standardversion und in 8 Fällen (10,7%) die lateralisierte Version verwendet. Von allen verfügbaren Größen wurden nur die Größen 0 bis 8 eingesetzt.



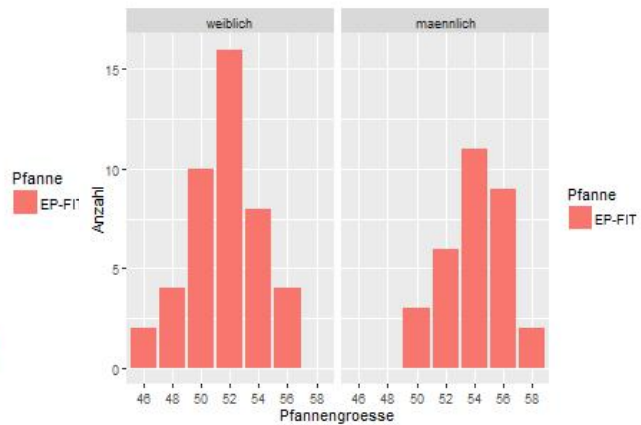
Grafik 3: Verteilung der Schaftgrößen des zementfreien Polarstem® in der Standardversion (blau) und lateralisierten Version (rot)

Der zementfreie POLARSTEM® wurde bei dem gesamten Patientenkollektiv mit der zementfreien EP-FIT PLUS® Pfanne kombiniert. Von allen verfügbaren Pfannengrößen wurden nur die Größen von 46mm bis 58mm Durchmesser verwendet. Bei den weiblichen Patienten wurden hauptsächlich Pfannen von 48-52mm Größe implantiert. Bei den männlichen Patienten wurden hingegen vornehmlich größere Pfannen verwendet.

3. Ergebnisse



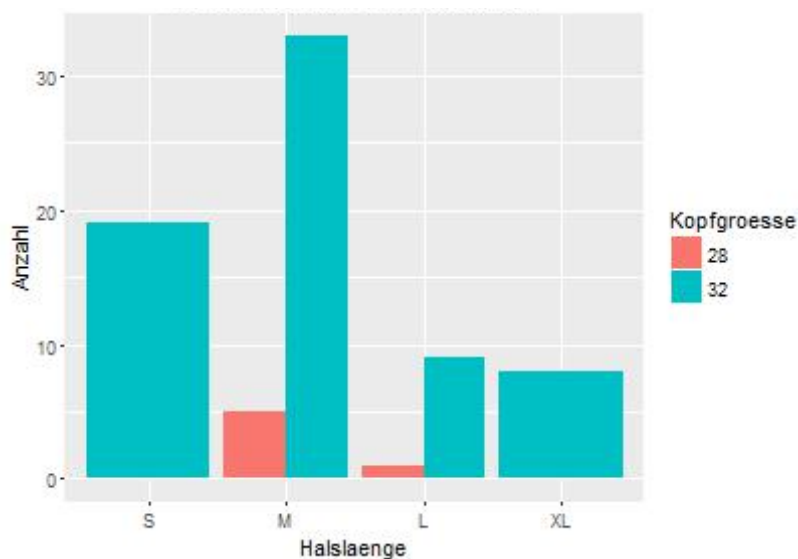
Grafik 4: Größenverteilung der EP-Fit-Pfanne



Grafik 5: Größenverteilung der EP-Fit-Pfanne nach Geschlecht

In zwei Fällen (2,7%) musste die Pfanne mit zusätzlichen Schrauben fixiert werden, wobei einmal eine und einmal zwei Schrauben benötigt wurden. Bei dem Patienten mit der Notwendigkeit von zwei Schrauben zur Fixierung wurde zudem statt dem REXPOL® Standard Inlay die Antiluxationsversion (REXPOL® Hooded) verwendet. In allen anderen Fällen (98,7%) genügte die Standardversion.

Bei den Patienten dieser Studie wurde jeweils der BIOLOX® Keramik-Kugelkopf eingesetzt (Gleitpaarung x-linked/Ce). Es wurden nur die Größen von 28mm und 32mm Durchmesser benötigt und mit den passenden Halslängen des POLARSTEM® kombiniert. Bei den männlichen Patienten wurden ausschließlich 32mm-Köpfe implantiert.



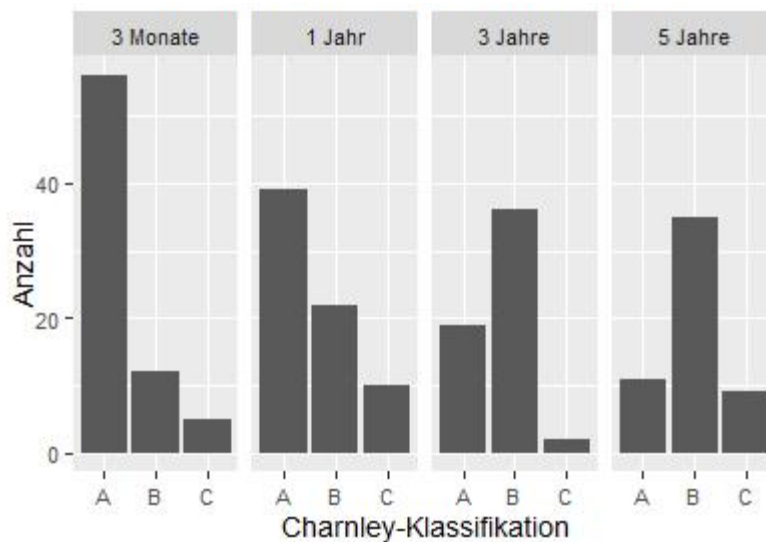
Grafik 6: Kopf-Halslängen-Kombinationen nach Geschlecht

3. Ergebnisse

3.1.4. Allgemeiner Befund

3.1.4.1. Charnley-Klassifikation

Bei der Einteilung der Studienpatienten gemäß der Charnley-Klassifikation zeigt sich im Verlauf der verschiedenen Nachuntersuchungszeitpunkte eine deutliche Veränderung in der Häufigkeitsverteilung. Konnte 3 Monate postoperativ die Mehrzahl der Patienten (76,7%) der Charnley Klasse A zugeordnet werden, sank dieser Wert auf 20,0% zum 5-Jahres-Zeitpunkt. Im postoperativen Zeitverlauf nahm der Anteil an Patienten, welche den Charnley Klassen B und C zugerechnet werden, deutlich zu. Im Vergleich zu dem geringen Anteil 3 Monate postoperativ, gehörten zum 5-Jahres-Zeitpunkt 63,63% der Patienten der Klasse B und 16,36% der Klasse C an (siehe Grafik 7).



Grafik 7: Verteilung der Charnley-Klassen zu den Follow-Up-Zeitpunkten; 3 Monate (n=73), 1 Jahr (n=71), 3 Jahre (n=57), 5 Jahre (n=55).

3.1.4.2. Körperliches Aktivitätsniveau

Hinsichtlich des körperlichen Aktivitätsniveaus zeigt sich keine maßgebliche Verbesserung im postoperativen Verlauf. Nur der Anteil an Patienten, die körperlich schwer aktiv sind, konnte sich im Vergleich zum Zeitpunkt 3 Monate postoperativ (1,4%) auf 9,1% zur 5-Jahres-Nachuntersuchung steigern (siehe Tabelle 12).

3. Ergebnisse

Aktivität	3 Monate (n = 73)	1 Jahr (n = 71)	3 Jahre (n = 57)	5 Jahre (n = 55)
schwer	1,4%	4,2%	21,1%	9,1%
mittel	45,2%	67,6%	43,9%	40,0%
leicht	52,0%	26,8%	26,3%	47,3%
inaktiv	1,4%	1,4%	8,7%	3,6%

Tabelle 12: Aktivitätsniveau zu den Zeitpunkten 3 Monate, 1 Jahr, 3 Jahre und 5 Jahre postoperativ

3.1.4.3. Patientenzufriedenheit

Bezüglich des postoperativen Ergebnisses zeigte sich im zeitlichen Verlauf über die verschiedenen Nachuntersuchungszeitpunkte insgesamt eine hohe Patientenzufriedenheit. Waren 3 Monate nach Hüft-TEP-Implantation nur 60,3% mit dem Ergebnis sehr zufrieden, konnte dieser Wert auf 74,5% zum 5-Jahres-Zeitpunkt gesteigert werden. Nur zwei (3,6%) der 55 nachuntersuchten Patienten waren 5 Jahre postoperativ mit dem Ergebnis unzufrieden (siehe Tabelle 13).

Zufriedenheit	3 Monate (n = 73)	1 Jahr (n = 71)	3 Jahre (n = 60)	5 Jahre (n = 55)
sehr zufrieden	60,3%	64,8%	76,7%	74,5%
größtenteils	30,1%	25,4%	13,3%	16,4%
teilweise	8,2%	5,6%	1,7%	5,5%
unzufrieden	1,4%	4,2%	8,3%	3,6%

Tabelle 13: Patientenzufriedenheit zu den Zeitpunkten 3 Monate, 1 Jahr, 3 Jahre und 5 Jahre postoperativ

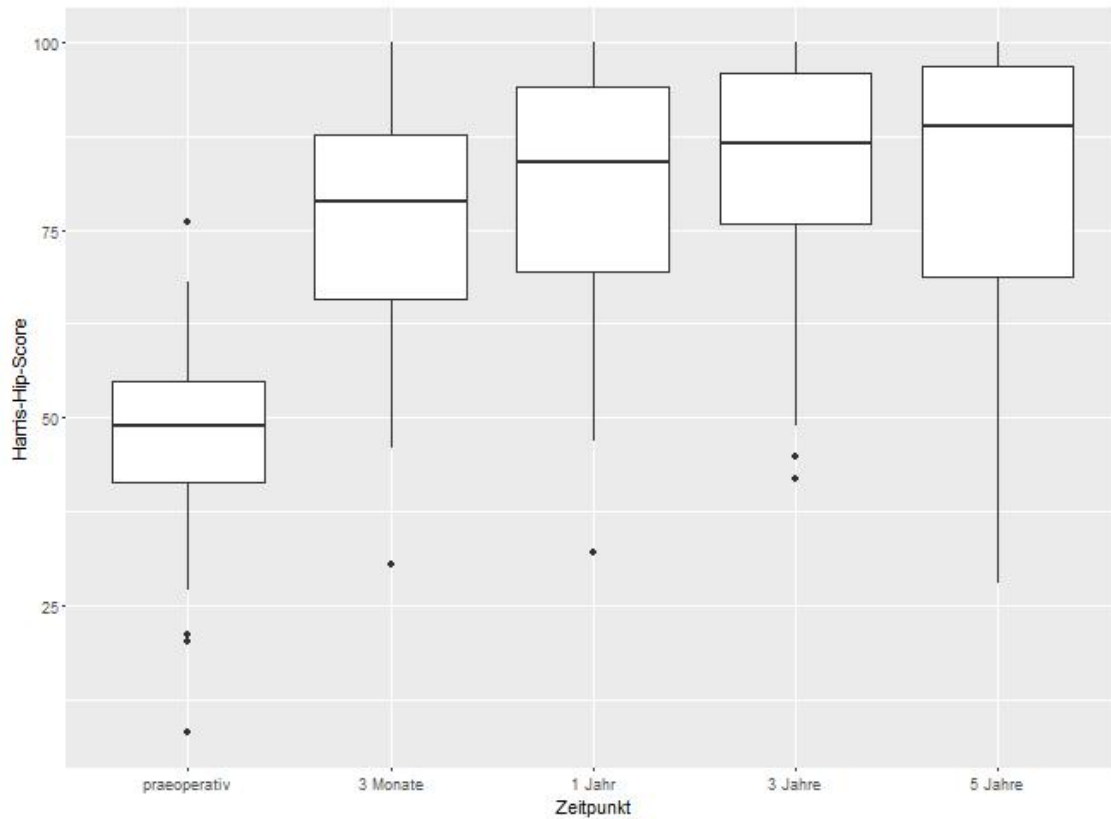
3.1.5. Klinische Scores

3.1.5.1. Harris-Hip-Score

Der Harris-Hip-Score zeigt zu den Nachuntersuchungszeitpunkten 3 Monate, 1 Jahr, 3 Jahre und 5 Jahre nach Implantation der Hüft-TEP im Vergleich zum präoperativen Status jeweils eine signifikante Verbesserung (Wilcoxon Signed Rank Test, $p < 0.001$). War präoperativ noch ein Median von nur 48,90 vorhanden, konnte 5 Jahre nach der Operation ein Median von 88,75 erzielt werden. Im Verlauf der Nachkontrollen wurde im Median

3. Ergebnisse

zudem eine kontinuierliche Verbesserung der Werte erreicht. Der Mittelwert lag nach 5 Jahren bei 80,26 ($\pm 19,21$) Punkten (siehe Grafik 8 und Tabelle 15).



Grafik 8: Entwicklung des HHS von präoperativ über die Zeitpunkte 3 Monate, 1 Jahr, 3 Jahre und 5 Jahre postoperativ

Präoperativ konnte im HHS keiner der eingeschlossenen Patienten ein gutes oder exzellentes Ergebnis aufweisen. 1 Jahr postoperativ stieg der Anteil an Patienten mit einem exzellenten Ergebnis auf 45,1% und steigerte sich bis zum 5-Jahres-Nachuntersuchungszeitpunkt mit 47,3% nur noch diskret. Insgesamt zeigt sich hinsichtlich des HHS 5 Jahre postoperativ bei 60% der Patienten ein gutes oder exzellentes Ergebnis (siehe Tabelle 14).

3. Ergebnisse

Zeitpunkt	Schlechtes Ergebnis	Ausreichendes Ergebnis	Gutes Ergebnis	Exzellentes Ergebnis
Präoperativ (n = 75)	97,3%	2,7%	-	-
3 Monate (n = 73)	27,4%	26,0%	24,7%	21,9%
1 Jahr (n = 71)	25,3%	15,5%	14,1%	45,1%
3 Jahre (n = 60)	20,0%	16,7%	16,7%	46,6%
5 Jahre (n = 55)	27,3%	12,7%	12,7%	47,3%

Tabelle 14: Ergebnis des HHS im Verlauf präoperativ sowie 3 Monate, 1 Jahr, 3 Jahre und 5 Jahre postoperativ

Obwohl vom präoperativen Zeitpunkt zum 5-Jahres-Follow-Up eine signifikante Verbesserung im HHS beobachtet werden konnte (Wilcoxon Signed Rank Test; $p < 0.001$), konnte bei der 1-Jahres-Kontrolle keine signifikante Verbesserung des HHS im Vergleich zum 3-Jahres-Zeitpunkt (Wilcoxon Signed Rank Test; $p = 0.527$) mehr gezeigt werden. Auch zwischen der 3-Jahres- und 5-Jahres-Kontrolle zeigt sich keine signifikante Erhöhung des HHS (Wilcoxon Signed Rank Test; $p = 0.572$). Im Intervall zwischen präoperativem Status und der 3-Monats-Nachuntersuchung (Wilcoxon Signed Rank Test; $p < 0.001$) sowie zwischen der 3-Monats- und 1-Jahres-Kontrolle (Wilcoxon Signed Rank Test; $p = 0.018$) zeigte sich jeweils noch eine signifikante Erhöhung des HHS (siehe Tabelle 15).

	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	Follow-Up zu präoperativ (p-Wert)
präoperativ	8,00	76,00	47,67 (\pm 12,40)	48,90	entfällt
3 Monate	30,50	100,00	76,66 (\pm 14,91)	78,80	< 0.001
1 Jahr	32,00	100,00	81,14 (\pm 15,68)	84,00	< 0.001
3 Jahre	41,80	100,00	82,67 (\pm 15,86)	86,50	< 0.001
5 Jahre	28,00	100,00	80,26 (\pm 19,21)	88,75	< 0.001

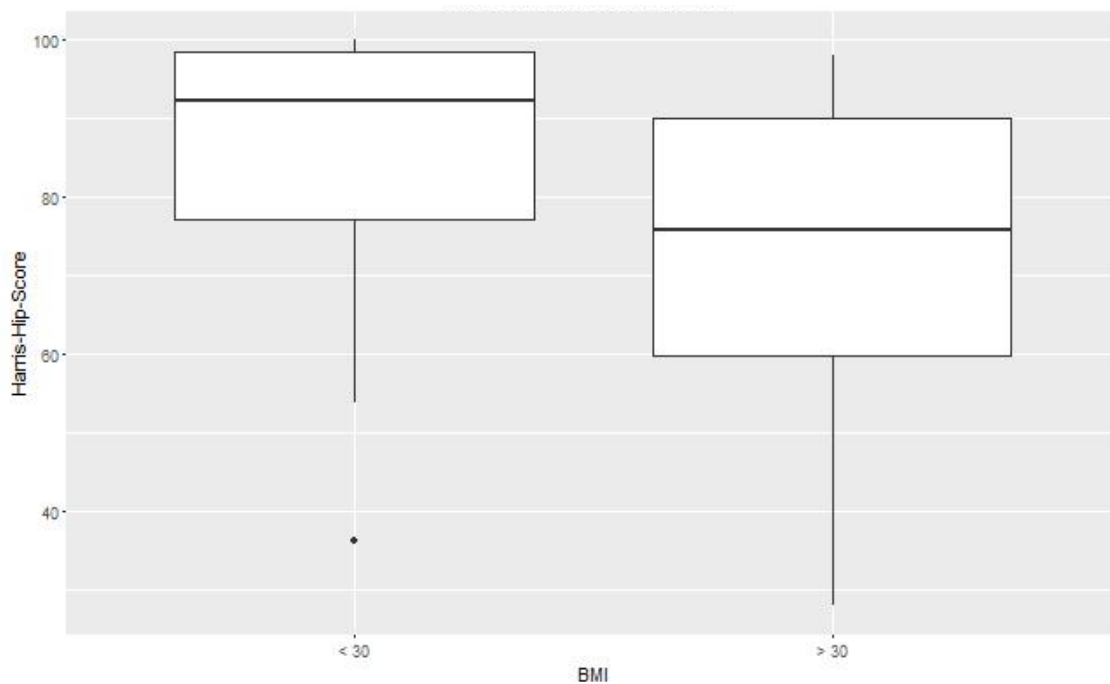
Tabelle 15: Vergleich des HHS präoperativ zu den Zeitpunkten 3 Monate, 1 Jahr, 3 Jahre und 5 Jahre postoperativ

3. Ergebnisse

Hinsichtlich des HHS zeigte sich zur 5-Jahres-Nachuntersuchung ein signifikanter Unterschied (Exact Wilcoxon Signed Rank Test, $p = 0.004$) zwischen den Patienten mit einem BMI von unter 30 kg/m^2 und denen mit einem BMI von über 30 kg/m^2 . Während die Patienten mit einem BMI von unter 30 kg/m^2 einen medianen HHS von 92,25 Punkten erzielten, war das Ergebnis bei den adipösen Patienten (BMI über 30 kg/m^2) mit einem Median von 75,8 Punkten signifikant schlechter (siehe Tabelle 16 und Grafik 9).

	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median
BMI < 30 kg/m² (n = 32)	36,25	100,00	85,46 ($\pm 17,61$)	92,25
BMI > 30 kg/m² (n = 23)	28,00	98,00	73,03 ($\pm 19,35$)	75,80

Tabelle 16: HHS im Verhältnis zum BMI (über und unter 30 kg/m^2) zum 5-Jahres-Zeitpunkt



Grafik 9: Korrelation von HHS und BMI (unter und über 30 kg/m^2) zum 5-Jahres-Zeitpunkt

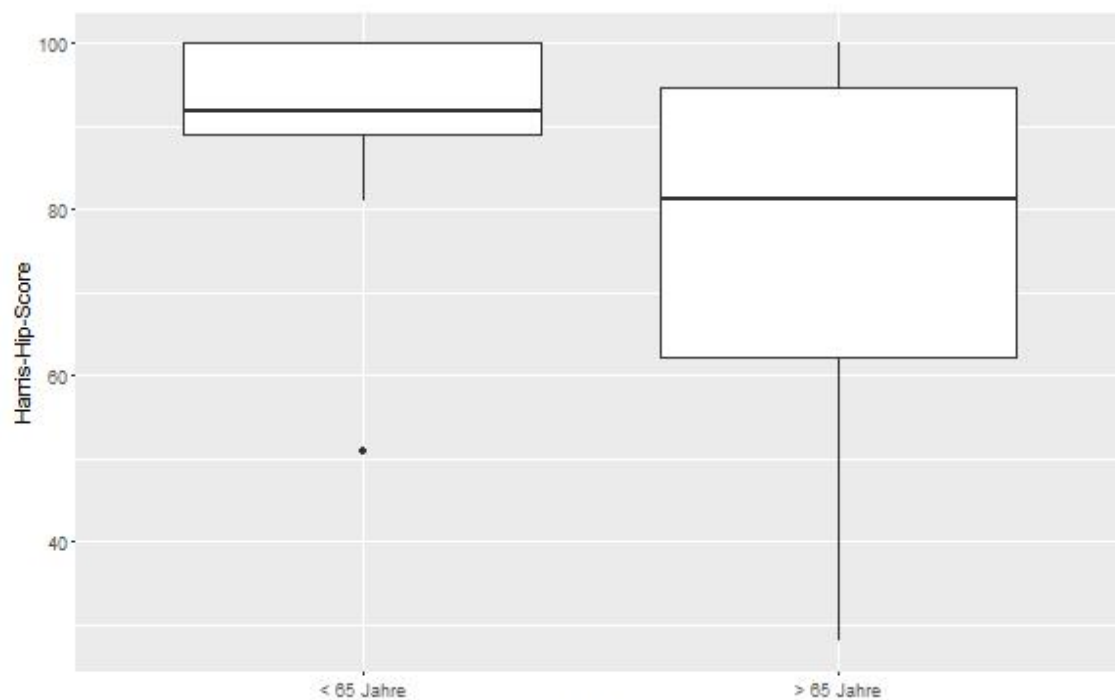
Im Vergleich zu den Patienten mit einem Alter von über 65 Jahren zeigte sich bei der jüngeren Patientengruppe mit einem Alter von unter 65 Jahren zum 5-Jahres-Zeitpunkt ein signifikant höherer Harris-Hip-Score (Exact Wilcoxon Signed Rank Test; $p = 0.039$).

3. Ergebnisse

Während die Patienten mit einem Alter von unter 65 Jahren einen medianen HHS von 91,80 Punkten erzielten, war das Ergebnis bei den älteren Patienten (über 65 Jahre) mit einem Median von 81,15 Punkten signifikant schlechter (siehe Tabelle 17).

	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median
Alter < 65 Jahre (n = 13)	50,80	100,00	89,58 (\pm 13,32)	91,80
Alter > 65 Jahre (n = 42)	28,00	100,00	77,37 (\pm 19,95)	81,15

Tabelle 17: Korrelation von HHS und Patientenalter (über und unter 65 Jahre) zum 5-Jahres-Zeitpunkt



Grafik 10: Korrelation von HHS und Patientenalter (über und unter 65 Jahre) zum 5-Jahres-Zeitpunkt

Das Bewegungsausmaß nach Neutral-Null-Methode des jeweiligen Patienten wird im Rahmen des Harris-Hip-Scores erfasst. Im Vergleich zu den präoperativen Untersuchungen ließ sich zum 5-Jahres-Nachuntersuchungszeitpunkt eine signifikante Zunahme des Bewegungsausmaßes in allen überprüften Richtungen nachweisen (gepaarter t-Test; jeweils $p < 0.001$) (siehe Tabelle 18).

3. Ergebnisse

	Mittelwert präoperativ (n=75)	Mittelwert nach 5 Jahren (n=43)	Mittelwertdifferenz	Signifikanz des gepaarten t- Test
Flexion	87,5° (±17,9)	102,4° (±13,1)	14,9°	p < 0.001
Extension	3,3° (±4,7)	7,6° (±3,8)	4,3°	p < 0.001
Abduktion	15,4° (±10,7)	36,3° (±6,6)	20,9°	p < 0.001
Adduktion	8,1° (±5,2)	26,2° (±4,6)	18,1°	p < 0.001
Außenrotation	14,1° (±8,9)	30,1° (±7,2)	16,0°	p < 0.001
Innenrotation	4,9° (±5,8)	21,9° (±8,6)	17,0°	p < 0.001

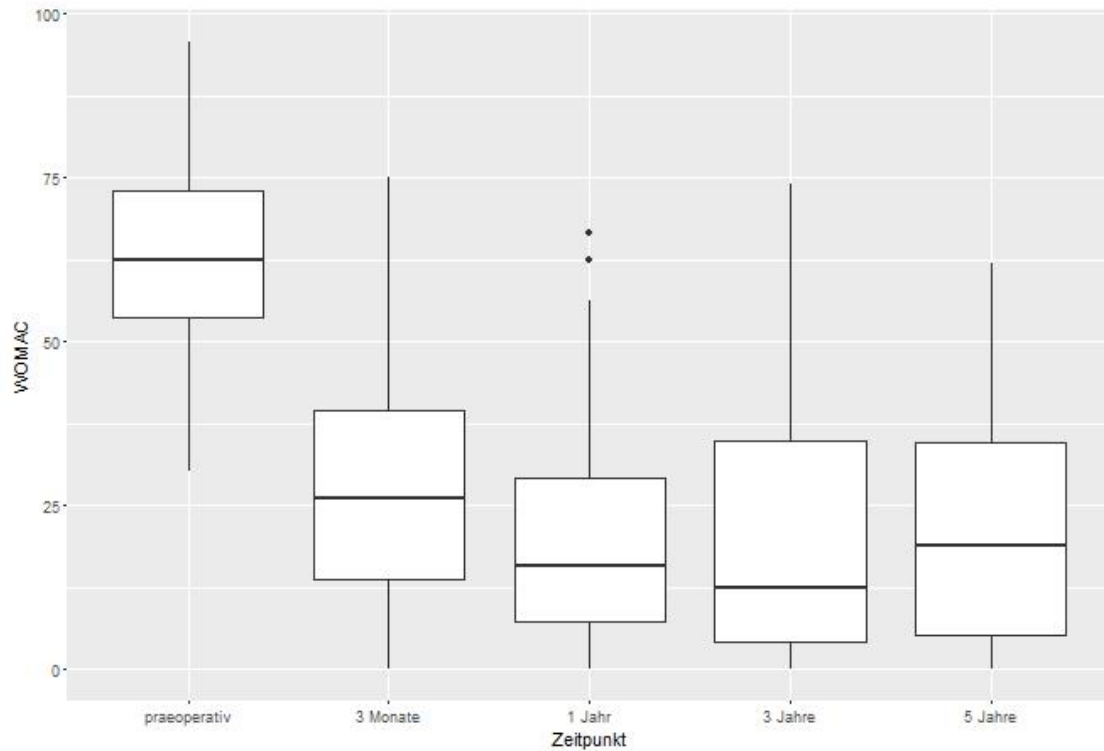
Tabelle 18: Bewegungsausmaß nach Neutral-Null-Methode im Vergleich präoperativ und nach 5 Jahren

3.1.5.2. WOMAC-Anteil des HOOS

Der WOMAC-Gesamtscore zeigte zu den Nachuntersuchungszeitpunkten 3 Monate, 1 Jahr, 3 Jahre und 5 Jahre nach Implantation der Hüft-TEP im Vergleich zum präoperativen Status jeweils eine signifikante Verbesserung (Wilcoxon Signed Rank Test, jeweils $p < 0.001$) (siehe Grafik 11). War präoperativ noch ein Median von 62,50 Punkten vorhanden, konnte 5 Jahre nach der Operation ein Median von 18,75 Punkten erzielt werden. Im Verlauf der Nachkontrollen konnte hinsichtlich des Gesamtscores 3 Jahre postoperativ mit einem Median von 12,50 Punkten das beste Ergebnis erreicht werden.

Im Vergleich zur 1-Jahres-Kontrolle zeigte sich keine signifikante Verbesserung zum 3-Jahres-Zeitpunkt (Wilcoxon Signed Rank Test, $p = 0.978$). Auch zwischen dem 3-Jahres- und 5-Jahres-Zeitpunkt konnte keine signifikante Verbesserung beobachtet werden (Wilcoxon Signed Rank Test, $p = 0.785$). Im Intervall zwischen präoperativem Status und der 3-Monats-Nachuntersuchung (Wilcoxon Signed Rank Test, $p < 0.001$) sowie zwischen der 3-Monats- und 1-Jahres-Kontrolle (Wilcoxon Signed Rank Test, $p = 0.001$) war jeweils noch eine signifikante Erhöhung des WOMAC zu beobachten (siehe Tabelle 19).

3. Ergebnisse



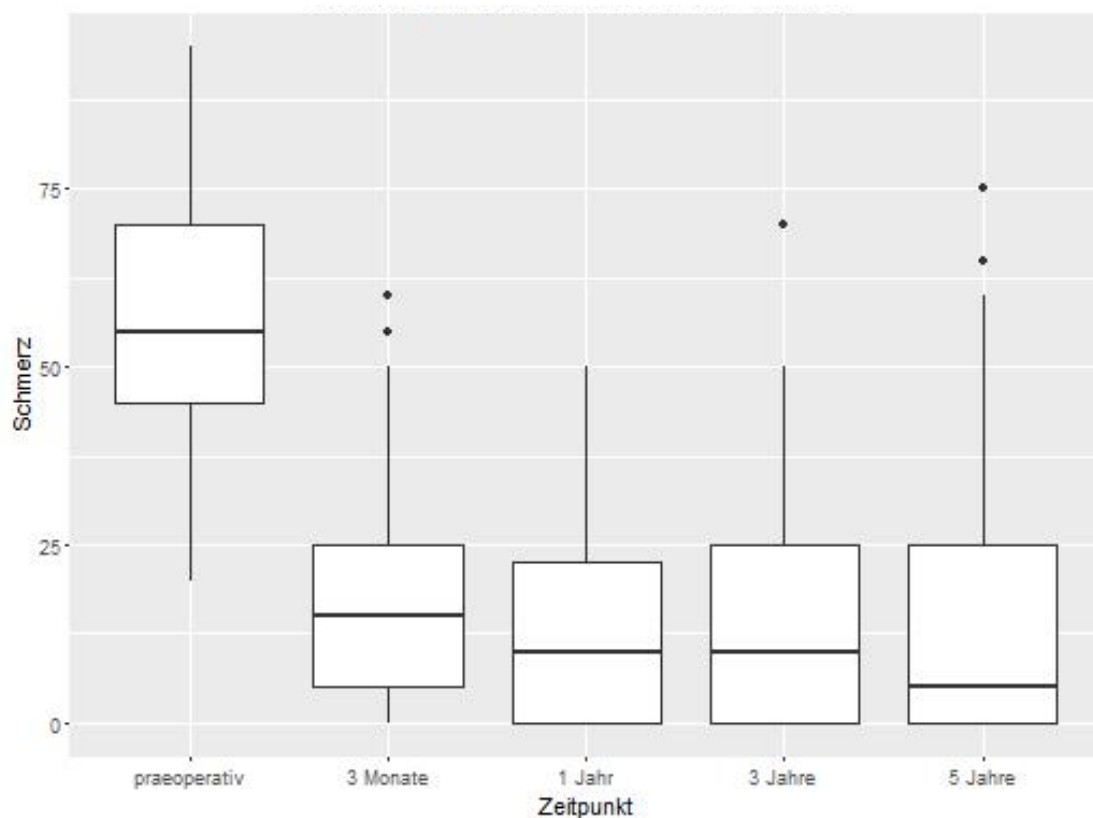
Grafik 11: Entwicklung des WOMAC präoperativ zu den Zeitpunkten 3 Monate, 1 Jahr, 3 Jahre und 5 Jahre postoperativ

	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	Follow-Up zu präoperativ (p-Wert)
Präoperativ (n=75)	30,21	95,83	63,49 (±14,00)	62,50	entfällt
3 Monate (n=73)	0,00	75,00	27,34 (±16,85)	26,04	< 0.001
1 Jahr (n=71)	0,00	66,67	20,15 (±15,98)	15,63	< 0.001
3 Jahre (n=61)	0,00	73,96	20,34 (±19,92)	12,50	< 0.001
5 Jahre (n=55)	0,00	61,96	21,61 (±18,80)	18,75	< 0.001

Tabelle 19: Vergleich des WOMAC präoperativ zu den Zeitpunkten 3 Monate, 1 Jahr, 3 Jahre und 5 Jahre postoperativ

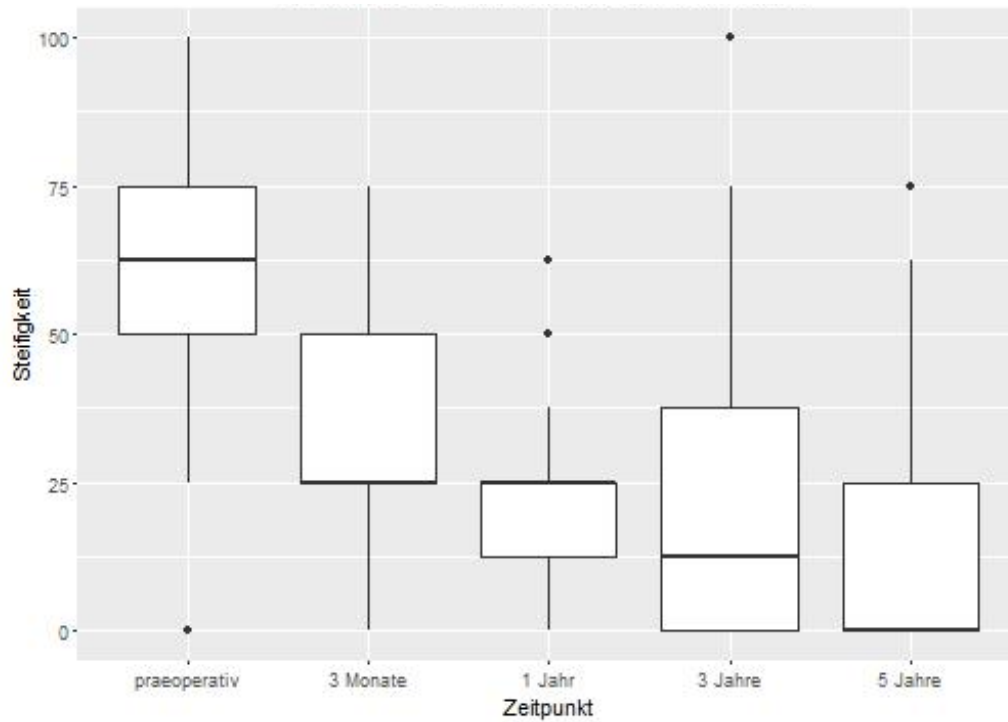
3. Ergebnisse

Auch in Bezug auf die jeweiligen Einzeldimensionen wie Schmerz, Steifigkeit und Funktionsfähigkeit im Alltag konnte zu jedem Nachuntersuchungszeitpunkt im Vergleich zu dem präoperativen Status eine signifikante Verbesserung (Wilcoxon Signed Rank Test, jeweils $p < 0.001$) gezeigt werden (siehe Grafiken 12, 13 und 14). Die besten Ergebnisse in den Dimensionen Schmerz (Median 5,0 Punkte) und Steifigkeit (Median 0 Punkte) ließen sich 5 Jahre postoperativ, das beste Ergebnis der Alltagsfunktionsfähigkeit (Median 14,71 Punkte) jedoch schon 3 Jahre postoperativ darstellen.

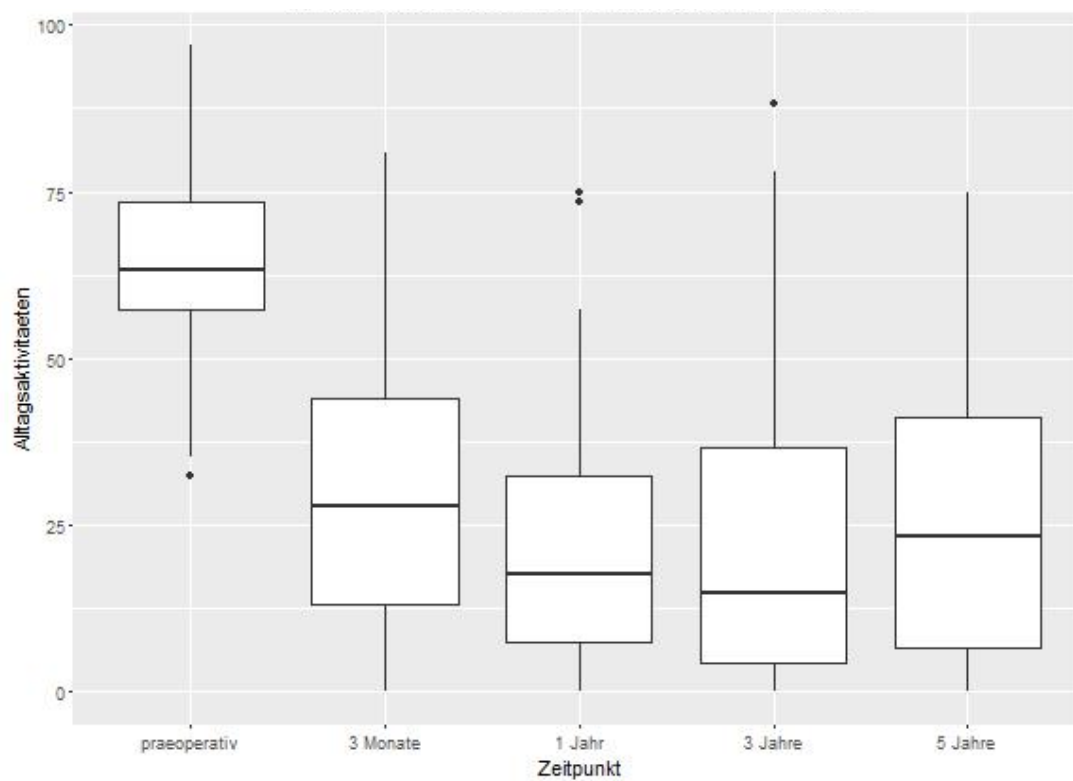


Grafik 12: Schmerz als Einzeldimension des WOMAC in der Entwicklung präoperativ zu den Zeitpunkten 3 Monate, 1 Jahr, 3 Jahre und 5 Jahre postoperativ

3. Ergebnisse



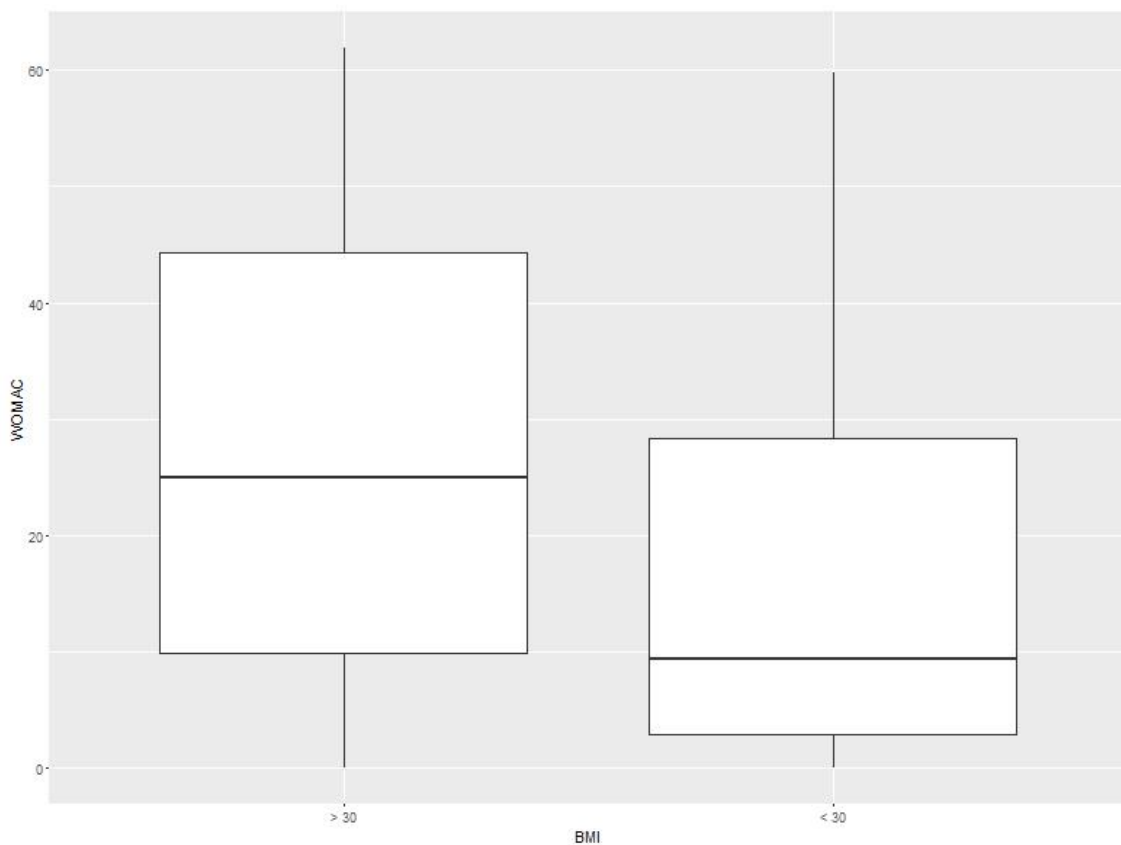
Grafik 13: Stiefigkeit als Einzeldimension des WOMAC in der Entwicklung präoperativ zu den Zeitpunkten 3 Monate, 1 Jahr, 3 Jahre und 5 Jahre postoperativ



Grafik 14: Alltagsfunktion als Einzeldimension des WOMAC in der Entwicklung präoperativ zu den Zeitpunkten 3 Monate, 1 Jahr, 3 Jahre und 5 Jahre postoperativ

3. Ergebnisse

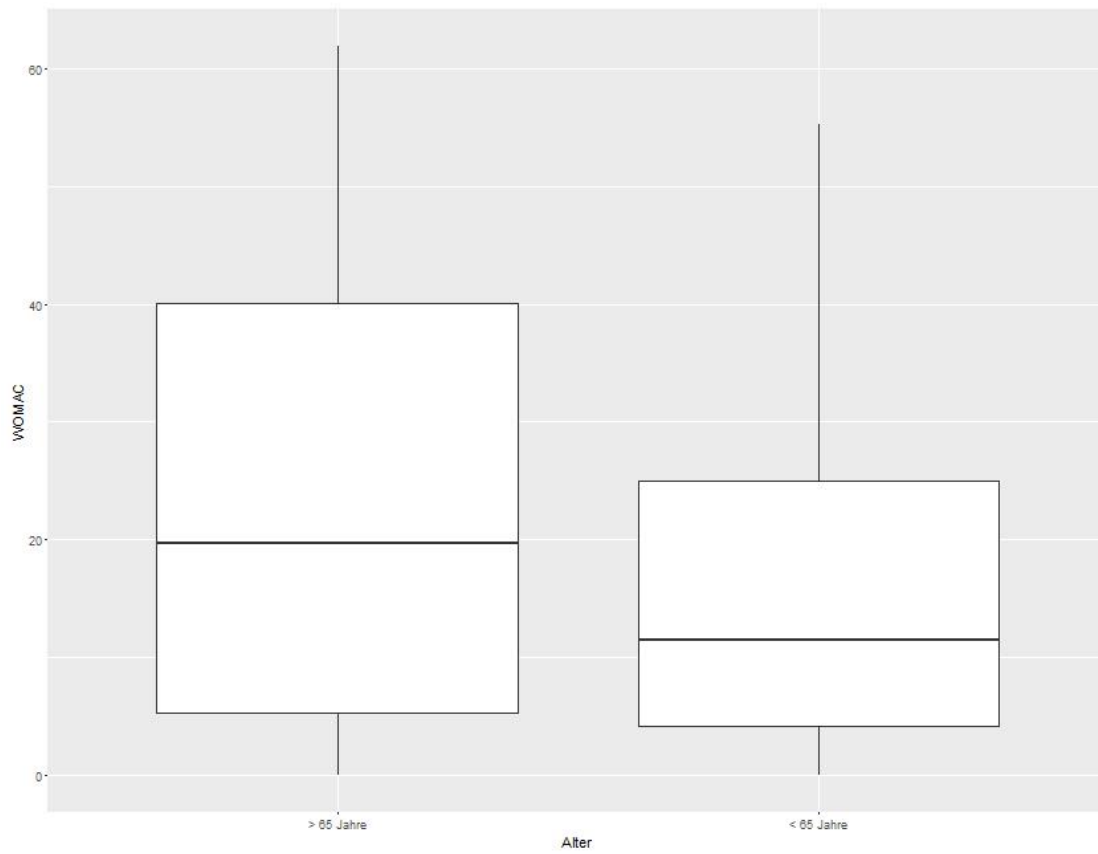
Hinsichtlich des WOMAC konnten wir in unserem Patientenkollektiv zur 5-Jahres-Nachuntersuchung einen signifikanten Unterschied (Exact Wilcoxon Signed Rank Test; $p = 0.0196$) zwischen den Patienten mit einem BMI von unter 30 kg/m^2 und denen mit einem BMI von über 30 kg/m^2 feststellen. Während die Patienten mit einem BMI von unter 30 kg/m^2 einen medianen WOMAC von 9,38 Punkten erzielen konnten, war das Ergebnis bei den adipösen Patienten (BMI über 30 kg/m^2) mit einem Median von 25,00 Punkten signifikant schlechter (siehe Grafik 15).



Grafik 15: Korrelation von WOMAC und BMI (über und unter 30 kg/m^2) zum 5-Jahres-Zeitpunkt

Zum Zeitpunkt der 5-Jahres-Nachuntersuchung waren nur 13 Patienten (23,6%) unter 65 Jahre alt. Im Vergleich zu den Patienten mit einem Alter von über 65 Jahren konnten wir bei der jüngeren Patientengruppe kein signifikant besseres Ergebnis im WOMAC zeigen (Exact Wilcoxon Signed Rank Test; $p = 0.447$) (siehe Grafik 16).

3. Ergebnisse



Grafik 16: Korrelation von WOMAC und Patientenalter (über und unter 65 Jahre) zum 5-Jahres-Zeitpunkt

3.2. Radiologische Ergebnisse

3.2.1. Migration und Zonenbeurteilung

Bei der röntgenologischen Verlaufskontrolle 5 Jahre postoperativ zeigte sich bei allen nachuntersuchten Patienten eine unveränderte Position der implantierten Schaft- und Pfannenkomponenten. Die Pfannenposition wies in keinem der Fälle eine Migration nach cranial bzw. medial oder eine Verkipfung auf. Auch der Schaft zeigte bei jedem der Patienten weder eine varische oder valgische Verkipfung noch ein Einsinken.

Es fanden sich zudem bei keinem Patienten Hinweise auf charakteristische radiologische Veränderungen der Pfannen- oder Schaftkomponente im Sinne von Osteolysen, Atrophie oder Hypertrophie der Knochensubstanz. Eine Saumbildung („radiolucent lines“) konnte nicht beobachtet werden.

3.2.2. Standzeit und Revisionen

Es zeigt sich eine Standzeit des zementfreien POLARSTEM® von 98.7% (CI 95%: 96.1-99.9) über einen mittelfristigen Nachuntersuchungszeitraum von 5 Jahren. Bei den 72 eingeschlossenen Patienten mit 75 versorgten Hüftgelenken kam es nur zu einer Explantation der Schaftkomponente aufgrund einer lokalen Infektion 44 Tage postoperativ. Dieser Patient konnte folglich nicht in ein weiteres Follow-Up eingeschlossen werden. Entsprechend zeigt sich eine Revisionsrate von 1,3% zum 5-Jahres-Zeitpunkt unter Berücksichtigung aller möglichen Revisionsursachen.

Der Nachuntersuchungszeitraum lag im Durchschnitt bei 4,89 Jahren mit einem Median von 5,25 Jahren. 4 Patienten mit insgesamt 5 versorgten Hüftgelenken konnten aufgrund Todesfalls nicht weiter nachuntersucht werden. Bei keinem der Patienten stand die Todesursache in Korrelation zur implantierten Prothese. Ein Patient mit Versorgung beider Hüftgelenke starb aufgrund eines multiplen Myeloms, sodass die implantierten Polarschäfte nur über 4,04 bzw. 3,76 Jahre verfolgt werden konnten. Die übrigen Todesursachen waren ein Ovarial-CA mit Peritonealkarzinose 5,48 Jahre postoperativ, ein Verkehrsunfall nach 0,53 Jahren und ein Apoplex nach 0,22 Jahren. Bei allen verstorbenen Patienten war zum Todeszeitpunkt die Prothese in Situ.

3. Ergebnisse

6 der 72 eingeschlossenen Patienten (8,3%) konnten zum 5-Jahres-Zeitpunkt nicht mehr erreicht werden, sodass die Standzeit des Polarschaftes in diesen Fällen nur bis zum letzten Kontakt 3 Jahre postoperativ sicher bestätigt werden konnte.

3.2.3. Brooker-Klassifikation

Zum 5-Jahres-Zeitpunkt wiesen 41,9% der röntgenologisch nachuntersuchten Studienpatienten heterotopische Ossifikationen auf. Leichtgradige Ossifikationen (Brooker I und II) traten in 34,9% der Fälle auf, im Gegensatz zu den höhergradigen Ossifikationen (Brooker III und IV) mit nur 7% (siehe Tabelle 20).

Brooker	3 Monate (n = 73)	1 Jahr (n = 68)	3 Jahre (n = 55)	5 Jahre (n = 43)
Grad 0	75,3% (n = 55)	80,9% (n = 55)	89,1% (n = 49)	58,1% (n = 25)
Grad I	9,6% (n = 7)	7,4% (n = 5)	9,1% (n = 5)	23,3% (n = 10)
Grad II	15,1% (n = 11)	10,3% (n = 7)	1,8% (n = 1)	11,6% (n = 5)
Grad III	-	1,4% (n = 1)	-	7,0% (n = 3)
Grad IV	-	-	-	-

Tabelle 20: Brooker-Klassifikation (Grad 0-IV) zu den Zeitpunkten 3 Monate, 1 Jahr, 3 Jahre und 5 Jahre postoperativ

Heterotope Ossifikationen Grad IV konnten zu keinem der Nachuntersuchungszeitpunkte nachgewiesen werden. Bestanden 3 Monate postoperativ nur bei 24,7% leichtgradige Ossifikationen (Brooker I und II), stieg dieser Anteil auf 34,9% zum 5-Jahres-Zeitpunkt an. Höhergradige Ossifikationen (Brooker III) konnten erstmals 1 Jahr postoperativ nachgewiesen werden (1,4%) und stiegen 5 Jahre postoperativ auf 7% an.

4. Diskussion

4.1. Diskussion der klinischen Ergebnisse

4.1.1. Patientenkollektiv

Das Patientenkollektiv unserer Studie besteht aus deutlich mehr Frauen (58,66%) als Männern (41,33%) mit einem Durchschnittsalter von 65,4 Jahren ($\pm 8,2$) zum Zeitpunkt der Operation. Die operierten Frauen waren im Durchschnitt 3,4 Jahre älter als die männlichen Patienten.

Diese Daten sind vergleichbar mit denen des Deutschen Endoprothesenregisters (EPRD), welches derzeit etwa 54% aller in Deutschland implantierten Hüftprothesen erfasst.^{66, 67, 82} Diesem Register zu Folge wurde im Jahr 2016 in Deutschland im Vergleich zu Männern (39,6%) bei deutlich mehr Frauen (60,4%) eine Hüfterstimplantation durchgeführt. Das Durchschnittsalter der Patienten mit einer zementfreien Implantation betrug hier mit 67 Jahren einen ähnlichen Wert zu unserem Patientenkollektiv. Die operierten Frauen (73 Jahre) waren zudem im Median 4 Jahre älter als die männlichen Patienten (69 Jahre).⁶⁶ Auch Daten des Schwedenregisters aus dem Jahr 2014 zeigen, dass die weiblichen Patienten (69,9 Jahre) durchschnittlich älter waren als die männlichen Patienten (67,2 Jahre).⁶¹

Daten von 27113 Hüfterstimplantationen aus Großbritannien aus dem Zeitraum von 1991 bis 2006 zeigen ein ähnliches Verteilungsmuster. Auch hier waren die weiblichen Patienten durchschnittlich älter (70,3 Jahre) als die männlichen (67,6 Jahre). Zudem überwog das weibliche Geschlecht mit 62,7% deutlich.³³

Die Dominanz des weiblichen Geschlechts in der Hüftendoprothetik, wie es auch aktuelle Daten aus Australien mit einem Anteil von 55,1% bestätigen,⁴ lässt sich dadurch erklären, dass Frauen häufiger von einer Koxarthrose betroffen sind als Männer.^{132, 164} Die Tatsache, dass die betroffenen Frauen zum Zeitpunkt der Operation deutlich älter sind als die männlichen Patienten, muss nicht zwingend mit dem Überwiegen von Hüfterkrankungen beim weiblichen Geschlecht zusammenhängen.³³ Weitere Überlegungen sind die geschlechtsspezifisch unterschiedliche Toleranz für einen operativen Eingriff oder die sich hierin widerspiegelnde höhere durchschnittliche Lebenserwartung von Frauen.³³

4. Diskussion

Hinsichtlich des Body-Maß-Index (BMI) errechnete sich in unserer Studie ein präadipöser Median von 29,26 kg/m² für das gesamte Patientenkollektiv, welcher etwas höher liegt als der von vergleichbaren Daten aus Großbritannien.³³ Die Auswirkung eines erhöhten BMI auf die Entstehung einer Koxarthrose ist weiterhin umstritten. Einige Studien betonen hier einen Zusammenhang,^{89, 110} wohingegen andere Autoren dies verneinen.^{68, 72, 145} Zudem wird postuliert, dass es durchaus einen Zusammenhang gebe, der jedoch deutlich schwächer als der zur Gonarthrose sei.^{56, 111} Patienten mit einer Indikation zur Knie-Totalendoprothese weisen einen signifikant höheren BMI auf als Patienten mit einer Indikation zum Hüftgelenksersatz.³³

Es ist zu bedenken, dass der präadipöse mediane BMI von 29,26 kg/m² unseres Patientenkollektivs auch für das im Vergleich zu anderen Publikationen^{33, 67} durchschnittlich jüngere Alter unserer Studienpatienten (65,4 Jahre zum Zeitpunkt der Operation) verantwortlich sein kann. Patienten mit einem BMI von 30-40 kg/m² zum Zeitpunkt der Erstimplantation einer Hüft-TEP sind durchschnittlich bis zu 4 Jahre jünger als nicht-adipöse Patienten (BMI < 30 kg/m²).^{3, 114} Patienten mit einem BMI von über 40 kg/m² sind im Mittel sogar bis zu 9 Jahre jünger.³

Die mit Abstand häufigste Indikation für die Implantation der Totalendoprothese war in dieser Studie die primäre Koxarthrose (76%), gefolgt von der Dysplasiekoxarthrose (10,7%) und avaskulären Femurkopfnekrose (9,3%). Erste Daten des Schwedenregisters aus dem Zeitraum von 1992 bis 2000 lagen mit nur 75% der Operationsindikationen aufgrund einer primären oder sekundären Koxarthrose noch deutlich unter unseren Werten (86,7%).¹¹⁵ Bis 2007 zeigte sich jedoch auch in Schweden schon ein Anstieg allein der primären Koxarthrose als Indikation von 83,1% auf 86,8% bei Männern und 67,5% auf 80,1% bei Frauen, wobei diese Werte sich bis 2014 relativ konstant gehalten haben.⁶¹ In Großbritannien liegt die Koxarthrose laut Daten von 2003 bis 2015 sogar 92% aller Hüftgelenksersätze zugrunde¹⁵ und ist somit noch dominanter als in Australien mit 88,8%.⁴

Aktuelle Daten der drei großen, etablierten Hüftendoprothesenregistern aus Schweden, Australien und dem Vereinigten Königreich zeigen also mit unserer Studie vereinbarende Werte.

4.1.2. Harris-Hip-Score

Der Harris-Hip-Score zeigte zu den Nachuntersuchungszeitpunkten 3 Monate, 1 Jahr, 3 Jahre und 5 Jahre nach Implantation der Hüft-TEP im Vergleich zum präoperativen Status jeweils eine signifikante Verbesserung ($p < 0.001$). War präoperativ noch ein Median von nur 48,90 (schlechtes Ergebnis) vorhanden, konnte 5 Jahre nach der Operation ein Median von 88,75 (gutes Ergebnis) erzielt werden. Im Verlauf der Nachkontrollen konnte im Median zudem eine kontinuierliche Verbesserung der Werte erreicht werden (siehe Grafik/Tabelle). Der Mittelwert lag nach 5 Jahren mit 80,26 ($\pm 19,21$) Punkten bei einem guten Ergebnis. 33 der 55 nachuntersuchten Patienten wiesen 5 Jahre nach der Operation ein gutes (7 Patienten/12,7%) oder exzellentes (26 Patienten/47,3%) Ergebnis auf.

Auch andere Studien erzielten hinsichtlich des postoperativen HHS vergleichbare Ergebnisse. Bei 100 nachuntersuchten primären Hüft-TEPs mit dem zementfreien Alloclassic-System zeigte sich ein medianer HHS von 89 Punkten nach 10 Jahren, wobei 70,8% der Patienten ein gutes oder exzellentes Ergebnis erzielen konnten.¹³⁸ *Lombardi et al.* publizierten 2009 in ihrer Studie mit 1866 eingeschlossenen Hüft-TEPs einen durchschnittlichen HHS von 83 Punkten bei einem mittleren Nachuntersuchungszeitraum von ca. 10 Jahren.¹¹² Ein etwas besseres Ergebnis konnten *Kolisek et al.* bei ihren 936 nachuntersuchten primären Hüft-TEPs vorweisen. Bei einem Nachuntersuchungszeitraum von mindestens 5 Jahren lag der HHS bei einem Mittelwert von 91 Punkten.¹⁰⁰

Auffällig ist, dass in unserer Studie nach der 1-Jahres-Kontrolle keine signifikante Verbesserung des HHS im Vergleich zum 3-Jahres- und 5-Jahres-Zeitpunkt mehr zu beobachten war. Im Intervall zwischen präoperativem Status und der 3-Monats-Nachuntersuchung ($p < 0.001$) sowie zwischen der 3-Monats- und 1-Jahres-Kontrolle ($p = 0.018$) konnten wir jeweils noch eine signifikante Erhöhung des HHS zeigen. Dies steht in Einklang mit der aktuellen Datenlage, wonach nach 6 Monaten keine signifikante Verbesserung des HHS mehr nachweisbar ist.²⁸

Zum Zeitpunkt der 5-Jahres-Nachuntersuchung waren nur 13 Patienten (23,6%) unter 65 Jahre alt. Im Vergleich zu den Patienten mit einem Alter von über 65 Jahren konnten wir bei der jüngeren Patientengruppe einen signifikant höheren Harris-Hip-Score zeigen ($p = 0.039$).

Die Vermutung, dass ein höheres Alter zum Operationszeitpunkt ein schlechteres funktionelles Ergebnis nach zementfreier Hüft-TEP-Implantation bedingt, wird durch

4. Diskussion

eine aktuelle Studie anhand eines japanischen Patientenkollektivs bekräftigt.¹⁸⁸ Der HHS 1 Jahr postoperativ war hier bei Patienten mit einem Alter von über 80 Jahren im Vergleich zur jüngeren Kontrollgruppe signifikant niedriger.¹⁸⁸ Zudem konnte bei den älteren Patienten ab der 1-Jahres-Kontrolle eine Verschlechterung des HHS beobachtet werden, wohingegen der HHS der Kontrollgruppe auch im weiteren Verlauf unverändert blieb.¹⁸⁸ Es bleibt jedoch anzumerken, dass die Patientengruppen in unserer Studie mit einem Alter von unter und über 65 Jahren deutlich jünger sind. Wie groß der Einfluss dieses Altersunterschieds auf die Vergleichbarkeit ist, lässt sich nicht beurteilen.

Andere Autoren postulieren eine gegenteilige Meinung. Demzufolge gebe es zwischen Patienten von unter 80 Jahren und über 80 Jahren keinen Unterschied hinsichtlich der körperlichen Funktionsfähigkeit nach Einsatz einer Hüft-TEP.¹²³ Hierbei wurde jedoch nicht der HHS, sondern der SF 12 Health Survey, zur Evaluation verwendet.¹²³

In unserem Patientenkollektiv konnten wir zur 5-Jahres-Nachuntersuchung einen signifikanten Unterschied ($p = 0.004$) zwischen den Patienten mit einem BMI von unter 30 kg/m^2 und denen mit einem BMI von über 30 kg/m^2 feststellen. Während die Patienten mit einem BMI von unter 30 kg/m^2 einen medianen HHS von 92,25 Punkten (exzellentes Ergebnis) erzielen konnten, war das Ergebnis bei den adipösen Patienten (BMI über 30 kg/m^2) mit einem Median von 75,8 Punkten (ausreichendes Ergebnis) signifikant schlechter.

Der Einfluss des BMI auf das postoperative klinische Ergebnis wird in der Literatur kontrovers diskutiert. *McLaughlin et al.* postulierten, dass es in Hinblick auf den postoperativen HHS keinen signifikanten Unterschied zwischen adipösen und nicht-adipösen Patienten gebe.¹¹⁸ Beide Patientenkohorten erreichten hier einen durchschnittlichen HHS von 89 Punkten bei einem mittleren Nachuntersuchungszeitraum von 14,5 Jahren.¹¹⁸ Hiermit im Einklang stehen auch andere Studienergebnisse, wobei das postoperative Intervall mit 3 Monaten dort nur sehr kurz war.⁴⁴ Im Gegensatz hierzu betonen andere Autoren die signifikant negative Auswirkung eines hohen BMI auf den postoperativen HHS.³⁷ Im Vergleich zu krankhaft adipösen Patienten (85,4 Punkte) wiesen nicht-adipöse Patienten (91,8 Punkte) im Mittel einen signifikant höheren HHS auf.²⁸ Interessanterweise konnten *Lübbecke et al.* in ihrer Studie mit 817 eingeschlossenen Patienten zum 5-Jahres-Nachuntersuchungszeitpunkt nur bei den weiblichen adipösen Patienten eine signifikante BMI-bedingte Verschlechterung des HHS im Vergleich zu

4. Diskussion

nicht-adipösen Frauen zeigen.¹⁴⁴ Im männlichen Patientenkollektiv konnte hier kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden.¹¹⁴

Das Bewegungsausmaß nach Neutral-Null-Methode des jeweiligen Patienten wurde im Rahmen des Harris-Hip-Scores erfasst. Es wurden dabei in Flexion, Extension, Abduktion, Adduktion, Außenrotation und Innenrotation alle möglichen Bewegungsrichtungen des Hüftgelenks überprüft. Im Vergleich zu den präoperativen Untersuchungen konnten wir in unserem Patientenkollektiv 5 Jahre nach der Hüftgelenksimplantation eine signifikante Zunahme des Bewegungsausmaßes in allen überprüften Richtungen nachweisen (jeweils $p < 0.001$).

Dem Bewegungsausmaß der Hüfte wurde aufgrund der schwierigen Messbarkeit jeher eine eher fragliche Bedeutsamkeit in der Beurteilung des postoperativen klinischen Ergebnisses zugesprochen.³⁸ In einer Studie an 1383 Patienten mit 1517 primären Hüft-TEPs zeigte sich eine positive Korrelation des Bewegungsausmaßes der Hüfte mit der postoperativen Funktionsfähigkeit.³⁸ Dies gibt zu bedenken, dass die Beweglichkeit doch bedeutsamer für das klinische Ergebnis ist, als zuvor angenommen. Anzumerken ist jedoch auch, dass dem Bewegungsausmaß mit 5% nur ein geringer Anteil des gesamten HHS zukommt.³⁸ Daher wird sogar argumentiert, dass das Bewegungsausmaß zur Berechnung des HHS nicht entscheidend sei, da es auch ohne diesen Anteil weder klinisch bedeutsame noch statistisch signifikante Unterschiede gebe.⁴⁹ Grundsätzlich liefert das Bewegungsausmaß der Hüfte jedoch qualitativ wichtige Hinweise zur Beurteilung des klinischen Ergebnisses.⁹

In der Literatur wird immer wieder die Validität des weitverbreiteten Harris-Hip-Scores diskutiert. Die gute Konstruktvalidität des HHS ist allgemein anerkannt,^{70, 154} die Inhaltsvalidität wird jedoch immer wieder angezweifelt.¹⁷⁶ Hauptkritikpunkt ist der häufig auftretende „ceiling effect“, welcher besagt, dass mehrere Patienten den höchstmöglichen Score erreichen.¹⁷⁶ Diese Tatsache beschränke die Validität und somit die Brauchbarkeit zur Bewertung der Wirksamkeit des primären Hüftgelenkersatzes.¹⁷⁶ Zum Zeitpunkt der 5 Jahres-Nachuntersuchung erreichten 6 Patienten unseres Kollektivs den maximalen Höchstwert von 100 Punkten. Dem HHS wird allerdings vor allem auf kurze Sicht eine hohe Empfindlichkeit zugesprochen, wobei jedoch dessen Abweichung zwischen Patienten mit nur einer Komorbidität und Patienten mit zwei oder mehr Komorbiditäten betont werden muss.¹⁵⁴

4.1.3. WOMAC

Der WOMAC-Gesamtscore zeigte zu den Nachuntersuchungszeitpunkten 3 Monate, 1 Jahr, 3 Jahre und 5 Jahre nach Implantation der Hüft-TEP im Vergleich zum präoperativen Status jeweils eine signifikante Verbesserung ($p < 0.001$). War präoperativ noch ein Median von 62,50 Punkten vorhanden, konnte 5 Jahre nach der Operation ein Median von 18,75 Punkten erzielt werden. Im Verlauf der Nachkontrollen konnte hinsichtlich des Gesamtscores 3 Jahre postoperativ mit einem Median von 12,50 Punkten das beste Ergebnis erreicht werden. Auch in Bezug auf die jeweiligen Einzeldimensionen wie Schmerz, Steifigkeit und Funktionsfähigkeit im Alltag konnte zu jedem Nachuntersuchungszeitpunkt im Vergleich zu dem präoperativen Status eine signifikante Verbesserung ($p < 0.001$) gezeigt werden. Die besten Ergebnisse in den Dimensionen Schmerz und Steifigkeit ließen sich 5 Jahre postoperativ, das beste Ergebnis der Alltagsfunktionsfähigkeit jedoch schon 3 Jahre postoperativ darstellen.

Auch beim WOMAC ist, wie auch schon beim HHS angemerkt, auffällig, dass in unserer Studie nach der 1-Jahres-Kontrolle keine signifikante Verbesserung im Vergleich zum 3-Jahres- und 5-Jahres-Zeitpunkt mehr zu beobachten ist. Im Intervall zwischen präoperativem Status und der 3-Monats-Nachuntersuchung ($p < 0.001$) sowie zwischen der 3-Monats- und 1-Jahres-Kontrolle ($p = 0.001$) konnten wir jeweils noch eine signifikante Erhöhung des WOMAC zeigen.

Vergleichbare Ergebnisse zeigen sich auch anhand eines schweizerischen Patientenkollektivs.⁷⁷ Die Hüft-TEP-Implantation führte hier zu einer signifikanten Verbesserung aller WOMAC-Dimensionen, wobei die größte Symptomreduktion 1 Jahr postoperativ zu sehen war.⁷⁷ Dies unterstützt unsere Beobachtung, dass nach dem ersten postoperativen Jahr zu den folgenden Nachuntersuchungen 3 und 5 Jahre postoperativ keine signifikante Verbesserung mehr gezeigt werden konnte. Die besten Ergebnisse bezüglich der Schmerzreduktion konnten 6 Monate postoperativ erzielt werden, bezüglich Steifigkeit und Alltagsfunktionalität 1 Jahr postoperativ.⁷⁷ In unserem Patientenkollektiv trat diese Entwicklung erst verzögert auf. Die Bestwerte hinsichtlich der Alltagsfunktionalität erreichten wir erst 3 Jahre postoperativ, hinsichtlich Schmerz und Steifigkeit sogar erst nach 5 Jahren. Dies lässt sich dadurch erklären, dass die Patienten dieses Kollektivs nur bis 2 Jahre nach der Operation verfolgt wurden und dadurch nicht beurteilt werden kann, wie sich die Werte zu späteren

4. Diskussion

Kontrolluntersuchungen entwickelt hätten.⁷⁷ Zum anderen lässt es sich auch darauf zurückführen, dass in unserer Studie nicht immer die gleiche Anzahl an Patienten zu den verschiedenen Nachuntersuchungszeitpunkten erschienen ist und hierdurch eine Verzerrung zustande kommen kann.

Auch anhand eines schwedischen Patientenkollektivs wurde eine signifikante Verbesserung aller WOMAC-Einzeldimensionen nach Hüft-TEP-Implantation beschrieben.¹²⁹ Die besten Ergebnisse konnten hier 1 Jahr nach dem Eingriff erreicht werden, wobei sich anschließend im weiteren Verlauf bis zu 7 Jahren postoperativ keine signifikante Verschlechterung mehr zeigte.¹²⁹ Die signifikante Verbesserung der WOMAC-Einzeldimensionen 1 Jahr nach Hüft-TEP-Implantation wurde auch durch etwas ältere Daten aus Australien bestätigt.⁷

Castellini et al. konnten bei ihren über einen mittleren Nachuntersuchungszeitraum von 40 Monaten verfolgten 240 primären Hüft-TEP-Implantationen gute Ergebnisse hinsichtlich des WOMAC bestätigen.²³ Hierbei wurde ein mit Titan und Hydroxyapatit beschichteter Schaft verwendet, der somit im Design dem in unserer Studie verwendeten zementfreien POLARSTEM® ähnelt.²³

Zum Zeitpunkt der 5-Jahres-Nachuntersuchung waren nur 13 Patienten (23,6%) unter 65 Jahre alt. Im Vergleich zu den Patienten mit einem Alter von über 65 Jahren konnten wir bei der jüngeren Patientengruppe kein signifikant besseres Ergebnis im WOMAC zeigen ($p > 0.05$). Zu dem gleichen Ergebnis kamen *B.P.d'S. Murphy et al.* Sie postulierten, dass Patienten von unter 80 Jahren und über 80 Jahren nach Implantation einer Hüft-TEP vergleichbar körperlich funktionsfähig seien.¹²³

Hinsichtlich des WOMAC konnten wir in unserem Patientenkollektiv zur 5-Jahres-Nachuntersuchung einen signifikanten Unterschied ($p = 0.0196$) zwischen den Patienten mit einem BMI von unter 30 kg/m² und denen mit einem BMI von über 30 kg/m² feststellen. Während die Patienten mit einem BMI von unter 30 kg/m² einen medianen WOMAC von 9,38 Punkten erzielen konnten, war das Ergebnis bei den adipösen Patienten (BMI über 30 kg/m²) mit einem Median von 25,00 Punkten signifikant schlechter.

Hierzu gibt es in der Literatur aktuell nur wenige Daten. In einer Studie mit 817 eingeschlossenen Patienten konnte zum 5-Jahres-Nachuntersuchungszeitpunkt nur bei den weiblichen adipösen Patienten eine signifikante BMI-bedingte Verschlechterung des

4. Diskussion

WOMAC im Vergleich zu nicht-adipösen Frauen gezeigt werden.¹¹⁴ Im männlichen Patientenkollektiv konnte hier allerdings kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden.¹¹⁴ Im Gegensatz hierzu betonen andere Autoren, dass der BMI des Patienten keinen signifikanten Einfluss auf den postoperativen WOMAC habe.⁹⁴ Der Nachuntersuchungszeitraum war dort mit 3 Monaten im Vergleich zu unserer Studie jedoch nur sehr kurz, sodass die Auswirkungen eines hohen BMIs eventuell erst nach längerer Zeit zu tragen kommen.⁹⁴

Obwohl dem WOMAC eine gute Validität zugesprochen wird^{11, 12} und auch eine deutschsprachige Version¹⁶⁸ ausführlich evaluiert wurde, lässt sich der schon angesprochene „ceiling effect“ des HHS¹⁷⁶ auch auf den WOMAC anwenden. Da beim WOMAC im Gegensatz zum HHS ein niedriger Score für ein gutes postoperatives funktionelles Ergebnis spricht, wird folglich jedoch berücksichtigt, wie viele Patienten beim entsprechenden Nachuntersuchungszeitpunkt das bestmögliche Ergebnis von 0 Punkten erreichen. In unserem Kollektiv waren dies zur 5-Jahres-Kontrolluntersuchung 4 Patienten. Dieses Phänomen lässt sich analog als „floor effect“ bezeichnen und kann die Validität des WOMAC beeinträchtigen. Allerdings stimmt der subjektive WOMAC mit objektiven Daten des 6-Minuten-Gehtests überein und kann somit als zuverlässig hinsichtlich der Beurteilung der klinischen Situation eingeschätzt werden.¹⁶

4.1.4. Patientenzufriedenheit

Mit 74,5% war der Großteil der Patienten 5 Jahre nach Einsatz einer Hüft-TEP mit dem postoperativen Ergebnis sehr zufrieden. Nur zwei (3,6%) der 55 nachuntersuchten Patienten waren mit dem Ergebnis unzufrieden.

In der aktuellen Literatur findet sich bei vergleichbaren Patientenkollektiven eine ähnliche Zufriedenheitsverteilung. Eine Studie zeigte, dass 10 Jahre nach Implantation eines zementfreien Alloclassic-Systems 70,8% der Patienten mit dem postoperativen Ergebnis sehr zufrieden und nur 1,4% unzufrieden waren.¹³⁸

Da zufriedene Patienten regelmäßiger zu Nachuntersuchungsterminen erscheinen und sich genauer an vorgegebene Behandlungspläne halten, kann eine hohe

4. Diskussion

Patientenzufriedenheit zu einem besseren postoperativen Ergebnis führen und wird dadurch immer bedeutender.¹⁵⁵

Neben allgemeinen Faktoren wie einem jungen Alter oder einem hohen Bildungsgrad,¹⁵⁵ führen auch bestimmte präoperative Patientenfaktoren zu einem niedrigeren postoperativen Zufriedenheitsniveau.^{2, 83} Hierzu zählen neben einem besseren präoperativen WOMAC-Score und einem BMI über 40 kg/m² auch bestimmte Vorerkrankungen wie eine gleichzeitig bestehende Spinalkanalstenose der Lendenwirbelsäule.^{2, 83} Den sozioökonomischen Faktoren wird teilweise sogar eine noch größere Auswirkung auf Patientenzufriedenheit und niedrige Scorewerte zugeschrieben als den Eigenschaften des Implantats.²

Die Unzufriedenheit vor allem junger Patienten lässt sich am ehesten durch den höheren funktionellen Anspruch erklären, da das zum Teil hohe präoperative Aktivitätsniveau postoperativ nicht mehr erreicht werden konnte. Zudem ist anzunehmen, dass eine hohe präoperative Einschränkung des Patienten mit einem schlechten Score (HHS oder WOMAC) zu einer höheren Zufriedenheit nach der Operation führt, da der Anspruch im Vergleich zu vorher sehr aktiven Patienten entsprechend geringer ist.

In unserer Studie wurde die Patientenzufriedenheit in Form einer Einzelfrage mit den vier Antwortmöglichkeiten „sehr zufrieden“, „größtenteils zufrieden“, „teilweise zufrieden“ und „unzufrieden“ erhoben. Auch wenn diese Ordinalskala neben der visuellen Analogskala ein verbreitetes Mittel zur Erhebung der Patientenzufriedenheit ist,⁸⁸ kann die geringe Konstrukt- und Inhaltsvalidität der Zufriedenheitsbewertung mittels einer Einzelfrage bemängelt werden.⁷¹

4.2. Diskussion der radiologischen Ergebnisse

4.2.1. Migration

Bei der röntgenologischen Verlaufskontrolle 5 Jahre postoperativ zeigte sich bei allen nachuntersuchten Patienten eine unveränderte Position der implantierten Schaft- und Pfannenkomponenten. Die Pfannenposition wies in keinem der Fälle eine Migration nach cranial bzw. medial oder eine Verkippung auf. Auch der Schaft zeigte bei jedem der Patienten weder eine varische oder valgische Verkippung noch ein Einsinken.

Langzeitstudien haben gezeigt, dass eine frühe Migration der Schaftkomponente ein höheres aseptisches Lockerungsrisiko innerhalb der ersten 10 Jahre nach Implantation eines zementfreien Hüftschaftes birgt.¹⁶⁷ Da die aseptische Lockerung zu den Hauptursachen für ein Implantatversagen zählt,^{4, 61, 125} ist das Fehlen einer frühen Migration als prognostisch günstig zu werten und spricht für ein zu erwartendes gutes langfristiges Ergebnis des Polarschaftes. Auch ältere Daten betonen den Zusammenhang zwischen früher Migration und späterer aseptischer Lockerung bzw. Implantatversagen.^{57, 99, 102} Laut eines 2015 veröffentlichten Reviews bedarf es bezüglich unzementierter Hüftschaften allerdings noch weiterer Forschungsarbeit, um aussagekräftigere Schlussfolgerungen ziehen zu können.¹⁷³

Lange Zeit war nicht absehbar, in wie weit eine frühe Belastung nach Implantation einer zementfreien Hüft-TEP eine Migration der Schaftkomponente fördert.¹⁷ Es konnte jedoch gezeigt werden, dass es hinsichtlich schmerzadaptierter Vollbelastung oder Belastung mit Sohlenkontakt für jeweils 6 Wochen postoperativ keinen signifikanten Unterschied gibt.¹⁷ Allerdings bleibt anzumerken, dass es sich dabei um ein sehr junges Patientenkollektiv mit hervorragender Knochenqualität handelte.¹⁷

4.2.2. Zonenbeurteilung

Bei der röntgenologischen Verlaufskontrolle zum 5-Jahres-Zeitpunkt fanden wir bei keinem Patienten Hinweise auf charakteristische radiologische Veränderungen der Pfannen- oder Schaftkomponente. Hierzu zählt neben Osteolysen sowie Atrophie und

4. Diskussion

Hypertrophie der Knochensubstanz auch die Saumbildung, die sogenannten „radiolucent lines“.

In einer vergleichbaren Studie wurden 100 primäre Hüft-TEPs mit dem zementfreien Alloclassic-System hinsichtlich dieser radiologischen Veränderungen nach einem durchschnittlichen Nachuntersuchungszeitraum von über 10 Jahren evaluiert.¹³⁸ Hinsichtlich der Pfanne waren hier „radiolucent lines“ vor allem in den Zonen I, II, IV und V auffällig.¹³⁸ Osteolysen traten am häufigsten in Zone V und Atrophien am häufigsten in Zone II auf.¹³⁸ Bei der Schaftkomponente ließen sich Osteolysen, Atrophien und „radiolucent lines“ gehäuft in den proximalen Zonen 1, 7, 8 und 14 nachweisen, wohingegen eine Hypertrophie vornehmlich distal auffällig war.¹³⁸ Hinsichtlich der „radiolucent lines“ konnte nur für die Zonen 1 und 7 eine signifikante Korrelation zur Schaftgröße gezeigt werden.¹³⁸

Eine andere Studie verglich an 95 implantierten zementfreien Titaniumhüftschäften das Auftreten von „radiolucent lines“ zu den Nachuntersuchungszeitpunkten 6 und 10 Jahre postoperativ.¹⁹² Auch hier waren diese Veränderungen fast ausschließlich in den Zonen 1 und 7 zu sehen.¹⁹² Sofern sie jedoch nicht in ihrer Ausdehnung progredient waren, schien die Implantatstabilität im Verlauf nicht gefährdet gewesen zu sein.¹⁹²

In unserem Patientenkollektiv wies zum 5-Jahres-Zeitpunkt keiner der Patienten Veränderungen der Knochenqualität im Sinne eines „stress shielding“ auf. In einer vergleichbaren Studie aus dem Jahr 2003 wurde ein Auftreten dieser Veränderung bei einem Nachuntersuchungszeitraum von mindestens 10 Jahren mit 4,1% beziffert.¹³⁸ Bei Hüftschäften die mit Hydroxyapatit beschichtet sind, wurde ein „stress shielding“ sogar nur in 2% der Fälle beschrieben, wobei der Nachuntersuchungszeitraum hier bei 7 und 10 Jahren lag.^{30, 58}

Da in benannten Studien das Patientenkollektiv jeweils deutlich größer und die Nachuntersuchungszeiträume fast doppelt so lang waren, bleibt abzuwarten, wie sich der POLARSTEM® diesbezüglich im Langzeitverlauf präsentiert. Prognostisch günstige Voraussetzungen sind allerdings, dass das Schaftdesign aufgrund der Hydroxyapatitbeschichtung eine gute knöcherne Integration bewirkt. Dies führt zu einer optimalen Lastübertragung vom Implantat auf den Knochen und somit zu einer Vermeidung eines proximalen Knochenverlusts.¹⁷⁰

4.2.3. Standzeit und Revisionen

Mit einer Standzeit von 98,7% nach 5 Jahren zeigt der zementfreie POLARSTEM® ein mit anderen zementfreien Hüftschäften sehr gut vergleichbares Ergebnis.

Pieringer et al. beschreiben anhand von 100 implantierten zementfreien Hüft-TEPs eine Standzeit des Alloclassic-SL-Schafts von 98,9% nach 10 Jahren.¹³⁸ Hinsichtlich der aseptischen Lockerung als Endpunkt publizierten *Delaunay et al.* mit 95,4% ein entsprechend gutes Ergebnis.⁴⁰

Ältere Daten bezüglich des zementfreien Harris-Galante-Schafts zeigten mit einer 5-Jahres-Standzeit von 97% ähnliche Ergebnisse, wobei das untersuchte Patientenkollektiv mit durchschnittlich 49 Jahren sehr jung war.¹¹⁶ Die Standzeit des zementfreien AML-Systems wurde ebenfalls mit 97% beschrieben, hier sogar 12 Jahre postoperativ.⁵¹

Auch die Standzeit des zementfreien CLS-Schafts wurde mehrfach evaluiert, wobei hier die verschiedenen Studienergebnisse stark differieren.^{22, 39} *Bülow et al.* zeigten an 145 zementfreien CLS-Schäften eine Standzeit von überzeugenden 96,7% bei einem durchschnittlichen Nachuntersuchungszeitraum von 7,8 Jahren.²² Im Gegensatz dazu beziffert eine aktuellere Studie die Standzeit des CLS-Systems mit nur 78,4% deutlich niedriger, wobei es sich dabei um den Zeitpunkt 15 Jahre postoperativ handelte.³⁹ Zur 10-Jahres-Kontrolle war die Standzeit mit 92,2% noch deutlich höher.³⁹

Die 10-Jahres-Standzeit des zementfreien Zweymüller-Schaftes wurde mit 97,96% beschrieben.¹⁹⁰ Für den zementfreien Taperloc-Schaft wurden damit übereinstimmende Ergebnisse veröffentlicht.⁴⁶ In einer 2016 veröffentlichten Arbeit zeigte sich anhand von 121 Implantaten mit 98,34% eine überzeugende Schaftstandzeit zum 10-Jahres-Zeitpunkt.⁴⁶

Am besten lässt sich der Polarschaft jedoch mit dem Corail-Schaft vergleichen, da er hinsichtlich des Designs am ähnlichsten ist. Dieser besteht ebenfalls aus Titan (Ti6Al4V) und ist jeweils von einer Schicht aus porösem Titanplasmaspray und Hydroxyapatit umgeben.¹⁰⁸ Zudem besitzt der Corail-Schaft die gleiche stufenförmige Geometrie zur Reduktion von Scherkräften und Maximierung des Belastungsdrucks der Spongiosa.¹⁰⁸

Die Langzeitergebnisse des Corail-Schaftes sind sehr überzeugend. *Cho et al.* beschrieben eine Schaftstandzeit von 100% bei einem Nachuntersuchungszeitraum von mindestens 7 Jahren, wobei die Patienten durchschnittlich 6 Jahre jünger waren als in

4. Diskussion

unserem Patientenkollektiv.³⁰ An einem im Vergleich noch jüngeren Patientenkollektiv zeigte sich bei 138 Implantaten eine Standzeit von 97,77% nach 8 Jahren.⁴⁷ *Froimson et al.* konnten bei einem vergleichbaren Patientenkollektiv sogar eine Standzeit von 100% nach durchschnittlich 11,5 Jahren aufweisen.⁵⁸

Auch die Ergebnisse, die über einen Nachuntersuchungszeitraum von 20 Jahren hinausgehen, sind beeindruckend. Hier wurde eine Standzeit des Corail-Schaftes von 96,3% nach 23 Jahren bei einem zu unserer Studie altersentsprechenden Patientenkollektiv beschrieben.¹⁷⁴ Aktuellere Daten mit einer Rate von 93,7% nach 25 bis 30 Jahren Nachuntersuchungszeitraum bestätigten diese Erkenntnisse.⁸¹

Das Design des Polarschaftes unterscheidet sich von dem des Corail-Schaftes nur in einigen Aspekten. Der proximale Durchmesser ist ca. 20% breiter und die Schaftlänge etwa 10% kürzer.¹⁰⁸ Hierdurch kann das Risiko eines „stress shieldings“ reduziert und Knochensubstanz erhalten werden.¹⁰⁸

Erste Ergebnisse bezüglich des Polarschaftes stammten aus Australien. Hierbei ist auffällig, dass die Revisionsrate mit 2,9% zum 5-Jahres-Nachuntersuchungszeitpunkt höher war als zunächst erwartet.⁵ Der POLARSTEM® wurde hier mit dem R3-Pfannensystem kombiniert.⁵ In 38,9% der Fälle war bei dem untersuchten Patientenkollektiv jedoch ein Infekt der Revisionsgrund, sodass nicht unbedingt das Schaftdesign als Ursache der hohen Revisionsrate gesehen werden darf.¹⁰⁸

Der aktuelle Jahresbericht des australischen Prothesenregisters aus dem Jahr 2017 lieferte erstmals auch Daten bezüglich der Kombination des zementfreien Polarschaftes mit dem EP-Fit-Plus-Pfannensystem.⁵ Bei 1029 implantierten Hüftschäften war im ersten postoperativen Jahr nur in 3 Fällen (0,3%) eine Revision der Schaftkomponente erforderlich.⁵ Zum 3-Jahres-Nachuntersuchungszeitpunkt hielt sich die Revisionsrate mit 0,3% konstant.⁵ Daten zum 5-Jahres-Zeitpunkt sind aktuell noch ausstehend.

Auch aktuelle Daten aus Wales zeigen eine gute Standzeit des Polarschaftes.¹⁰⁸ Bei 646 nachuntersuchten primären Hüft-TEPs eines mit unserer Studie vergleichbaren Patientenkollektivs lag die Revisionsrate bei 0,15% nach 3 Jahren.¹⁰⁸ Bei keiner der Revisionen war die Ursache eine aseptische Lockerung.¹⁰⁸

Wir konnten nach 3 Jahren eine Schaftstandzeit von 98,7% erzielen, welche sich auch bis zum 5-Jahres-Zeitpunkt konstant hielt. Die Revisionsrate von 1,3% ist demnach im Einklang mit den oben genannten Studien.^{5, 108} Ursächlich für die einzige durchgeführte

4. Diskussion

Revision unseres Patientenkollektivs war ein Infekt 6 Wochen postoperativ, sodass wohl nicht das Schaftdesign als ausschlaggebender Faktor zu erwähnen ist.

Allerdings handelt sich hierbei jedoch erst um mittelfristige Ergebnisse, wie sich der Polarschaft langfristig präsentiert bleibt abzuwarten. Um zu bekräftigen, dass ein neu untersuchtes Implantat mindestens genauso gut ist wie die vorher verwendeten, wird eine Beobachtungszeit von mindestens 10 Jahren benötigt.¹²⁴ Da der Polarschaft jedoch ein dem Corail-Schaft sehr ähnliches Design hat, ist zu erwarten, dass die Langzeitergebnisse des Polarschaftes dementsprechend gut sind.¹⁰⁸

4.2.4. Heterotopische Ossifikationen

Zum 5-Jahres-Zeitpunkt wiesen 41,9% der röntgenologisch nachuntersuchten Studienpatienten heterotopische Ossifikationen auf. Leichtgradige Ossifikationen (Brooker I und II) traten in 34,9% der Fälle auf, im Gegensatz zu den höhergradigen Ossifikationen (Brooker III und IV) mit nur 7%.

Heterotopische Ossifikationen sind eine in der Literatur häufig beschriebene Komplikation nach Hüft-TEP-Implantation.¹⁶⁶ Die von verschiedenen Autoren publizierten Häufigkeiten differieren mit Werten von 0,6% bis zu 90% sehr.¹⁶⁶ Im Durchschnitt treten bei 53% der Patienten nach Hüft-TEP-Implantation heterotopische Ossifikationen auf.¹⁶⁶ In 10% der Fälle werden diese symptomatisch im Sinne von Schmerzen und Bewegungseinschränkung im Bereich des operierten Hüftgelenkes.¹⁶⁶

An 100 nachuntersuchten primären Hüft-TEPs mit dem zementfreien Alloclassic-System konnte ein Auftreten von heterotopischen Ossifikationen in 71,8% der Fälle beobachtet werden.¹³⁸ Am häufigsten waren hierbei Ossifikationen der Brooker Klasse I (33,3%) und II (22,2%), wohingegen die höhergradigen Ossifikationen der Klasse III (9,7%) und IV (5,6%) deutlich seltener auftraten.¹³⁸

Eine deutlich niedrigere Häufigkeitsrate wurde jedoch von *Delaunay et al.* beschrieben.⁴¹ Sie konnten nur bei 31,5% ihrer operierten Hüftgelenke heterotopische Ossifikationen feststellen.⁴¹ Höhergradige Ossifikationen der Brooker Klasse III traten in insgesamt 3,4% der Fälle auf, wobei Ossifikationen der Klasse IV überhaupt nicht beobachtet werden konnten.⁴¹

4. Diskussion

Zudem konnte gezeigt werden, dass hydroxyapatitbeschichtete zementfreie Hüftprothesen mit keiner erhöhten Auftretenswahrscheinlichkeit heterotopischer Ossifikationen vergesellschaftet sind.⁹¹ Symptomatische Ossifikationen der Klasse III (2,2%) und IV (1,5%) waren nur selten zu finden.⁹¹

Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass das Auftreten einer heterotopischen Ossifikation nicht unbedingt mit einer klinischen Einschränkung der Hüftbeweglichkeit einhergeht.¹⁴⁰ Ältere Daten gingen zunächst davon aus, dass keine der beschriebenen Ossifikationen die Hüftbeweglichkeit beeinträchtigt.⁴¹ Aktuell wird dieser Sachverhalt jedoch etwas differenzierter betrachtet. Die Autoren betonen zum einen, dass Ossifikationen der Brooker Klasse I und II keinen negativen Einfluss auf die Hüftbeweglichkeit haben.¹⁴⁰ Andererseits werde durch höhergradige Ossifikationen (Brooker III und IV) das funktionelle Ergebnis nach Hüft-TEP-Implantation beeinträchtigt.¹⁴⁰

4.3. Limitationen

Als wesentliche Limitation dieser Arbeit hervorgehoben werden, dass es sich bei diesem Studiendesign um keine randomisiert kontrollierte Studie handelt. Das lässt sich darauf zurückführen, dass es sich bei der Implantation der zementfreien Hüftprothese in diesem Patientenkollektiv um das Verfahren der Wahl handelt, sofern keine Kontraindikationen vorliegen. Zudem fehlt es in diesem Studiendesign an einer vergleichbaren Kontrollgruppe.

Im Vergleich zu anderen Studien handelt es sich bei dieser Arbeit um ein kleines Patientenkollektiv. Daher wurde das gesamte Studiendesign multizentrisch aufgebaut, um zur Validierung des POLARSTEM® auf eine insgesamt aussagekräftige Fallzahl zu kommen. In dieser Arbeit wurden nur die am Standort Marburg erhobenen Daten evaluiert. Auf Grund des kleinen Patientenkollektivs sind folglich Verzerrungen bei der statistischen Auswertung nicht auszuschließen.

Bezüglich des HHS bzw. WOMAC kann der „ceiling effect“ bzw. „floor effect“ bemängelt werden, wonach mehrere Patienten das beste Ergebnis erreichen können. Trotz der Tatsache, dass diese Scores weit verbreitet sind^{11, 12, 70}, beschränke dies die Brauchbarkeit zur Bewertung des klinischen Outcomes.¹⁷⁶ Dem HHS wird allerdings vor allem auf kurze Sicht eine hohe Empfindlichkeit zugesprochen.¹⁵⁴ Auch der WOMAC ist zur Bewertung des klinischen Outcomes aussagekräftig.¹⁶

Zudem handelt sich aktuell noch um einen mittelfristigen Nachuntersuchungszeitraum von 5 Jahren. Auch bei überzeugenden mittelfristigen Ergebnissen bleibt abzuwarten, wie sich der POLARSTEM® im Langzeitverlauf nach 10 oder 15 Jahren präsentiert. Erst dann können endgültige Aussagen bezüglich der klinischen und radiologischen Ergebnisse getroffen werden.

5. Zusammenfassung

Da der Hüftgelenkersatz nicht mehr nur ein Konzept für alte Patienten, sondern mehr und mehr ein junges und aktiveres Kollektiv einschließt, ist die Entwicklung neuer Prothesendesigns von großer Bedeutung. Die Rationale zur Entwicklung des zementfreien POLARSTEM® Hüftschafts bestand in der Verbindung des Selbstverblockungsprinzips mit einer verbesserten metaphysären Lastübertragung. Der Schaft besteht aus einer Titanlegierung (Ti6Al4V) mit einer porösen Titan-Plasmaspray-Beschichtung für eine erhöhte Oberflächenrauheit. Dadurch wird eine sehr gute Primärstabilität und Osteointegration erreicht. Ziel der Polarschaftstudie ist daher die Langzeitevaluation des zementfreien POLARSTEM® Hüftschafts über einen festgelegten Zeitraum von insgesamt zehn Jahren. Daten aus Australien und Wales zeigten eine Revisionsrate von 0,15-2,9% über einen Zeitraum von 3-5 Jahren. Allerdings sind noch keine prospektiven Studien bezüglich des zementfreien POLARSTEM® publiziert worden, welche die Selbsteinschätzung der Patienten hinsichtlich des klinischen Ergebnisses berücksichtigen.

Diese Arbeit befasst sich mit der Erfassung von klinischen und radiologischen Erkenntnissen fünf Jahre nach Implantation des zementfreien POLARSTEM®. Das klinische Outcome wurde anhand des Harris-Hip-Scores (HHS) und Western Ontario and McMaster Osteoarthritis Index (WOMAC) bewertet. Die radiologische Evaluation erfolgte mittels röntgenologischer Verlaufsuntersuchungen.

Im Zeitraum von Ende März 2009 bis Ende Februar 2010 wurden demnach 72 Patienten mit insgesamt 75 versorgten Hüften aus dem Einzugsgebiet des Universitätsklinikums Gießen und Marburg (UKGM), Standort Marburg, in die Studie aufgenommen. Als multizentrische Studie wurden im Kantonsspital Aarau (Schweiz) und in der Universitätsklinik Bochum jeweils 75 weitere Patienten in die Studie eingeschlossen mit einem resultierenden Gesamtkollektiv von 225 Patienten.

Das Patientenkollektiv dieser Studie besteht aus 31 Männern (41,33%) und 44 Frauen (58,66%) mit einem Durchschnittsalter von 65,4 Jahren ($\pm 8,2$) zum Zeitpunkt der Operation. Bezüglich des Body-Maß-Index (BMI) errechnete sich ein präadipöser Mittelwert von $29,51\text{kg/m}^2$ ($\pm 4,82$). Die mit Abstand häufigste Indikation für die Implantation der Totalendoprothese war die primäre Koxarthrose mit 76%.

5. Zusammenfassung

Der HHS und WOMAC zeigten zu den Nachuntersuchungszeitpunkten 3 Monate, 1 Jahr, 3 Jahre und 5 Jahre nach Implantation des zementfreien POLARSTEM® im Vergleich zum präoperativen Status jeweils eine signifikante Verbesserung (jeweils $p < 0.001$). Bei den Patienten mit einem BMI von unter 30 kg/m² zeigte sich zur 5-Jahres-Nachuntersuchung ein signifikant besseres Ergebnis ($p < 0.05$) im Vergleich zu denen mit einem BMI von über 30 kg/m². Zudem zeigte sich bei der jüngeren Patientengruppe mit einem Alter von unter 65 Jahren im Vergleich zu den Patienten mit einem Alter von über 65 Jahren ein signifikant höherer Harris-Hip-Score ($p = 0.039$). Hinsichtlich des Bewegungsausmaßes ließ sich im Vergleich zu den präoperativen Untersuchungen zum 5-Jahres-Nachuntersuchungszeitpunkt eine signifikante Zunahme in allen überprüften Richtungen nachweisen (jeweils $p < 0.001$). Bei der röntgenologischen Verlaufskontrolle 5 Jahre postoperativ zeigte sich bei allen nachuntersuchten Patienten eine unveränderte Position der implantierten Schaft- und Pfannenkomponenten ohne Migration, Verkippung oder Einsinken. Charakteristische radiologische Veränderungen der Pfannen- oder Schaftkomponente im Sinne von Osteolysen, Atrophie oder Hypertrophie der Knochensubstanz sowie Saumbildungen konnten nicht beobachtet werden. Die Schaftstandzeit war 98,7% zum 5-Jahres-Zeitpunkt.

Vergleichbare Studien erzielten hinsichtlich des postoperativen HHS und WOMAC bei einem Nachuntersuchungszeitraum von 5-10 Jahren ähnlich gute Ergebnisse. Der negative Einfluss eines hohen BMIs oder Alters auf das Ergebnis im HHS und WOMAC wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Mit einer Standzeit von 98,7% nach 5 Jahren zeigte der POLARSTEM® ein mit anderen zementfreien Hüftschaften im Einklang stehendes Ergebnis. Aktuellen Daten des australischen Prothesenregisters bezifferten die Revisionsrate des zementfreien Polarstem mit 0,3-2,9% nach 3-5 Jahren. Ursächlich für die einzige durchgeführte Revision unseres Patientenkollektivs war ein Infekt 6 Wochen postoperativ, sodass wohl nicht das Schaftdesign als ausschlaggebender Faktor zu erwähnen ist.

Aufgrund der überzeugenden klinischen und radiologischen Ergebnisse kann die Sicherheit und Wirksamkeit des zementfreien POLARSTEM® zumindest über einen mittelfristigen Zeitraum von 5 Jahren bestätigt werden. Es bleibt jedoch abzuwarten, wie sich der POLARSTEM® im Langzeitverlauf nach 10 oder 15 Jahren präsentiert. Erst dann können endgültige Aussagen bezüglich der klinischen und radiologischen Ergebnisse getroffen werden.

6. Summary

As hip replacement is no longer just a concept for old patients, with more young and active patients recently undergoing treatment, the development of new prosthesis designs is essential. The rationale for developing the cementless POLARSTEM® was the combination of a self-blocking principle with improved metaphyseal load transfer. The stem is made of a titanium alloy (Ti6Al4V) with a porous titanium plasma spray coating for increased surface roughness. This achieves a very good primary stability and osteointegration. Thus, the purpose of the present study was the long-term evaluation of the cementless POLARSTEM® over a defined period of ten years. Data from Australia and Wales already showed a revision rate of 0.15-2.9% of cases over a period of 3-5 years. However, no prospective studies have been published considering patients' self-assessment of the clinical outcome.

This study evaluates the clinical and radiological findings 5 years following implantation of the cementless POLARSTEM®. Clinical outcome was assessed using the Harris Hip Score (HHS) and Western Ontario and McMaster Osteoarthritis Index (WOMAC). The radiological evaluation was performed using standard radiographs in an anteroposterior and lateral view at each follow-up.

Between March 2009 and February 2010, 72 patients with 75 treated hips were included in the study at our institution. As a multicenter study, 75 additional patients were enrolled in the Cantonal Hospital Aarau (Switzerland) and the University Hospital Bochum, resulting in a total subject population of 225 patients.

The patient population of this study consists of 31 men (41.33%) and 44 women (58.66%) with a mean age of 65.4 years (± 8.2) at the time of surgery. Body mass index (BMI) averaged 29.51 kg/m² (± 4.82). Primary coxarthrosis (76%) was the predominant indication for implantation of the total hip endoprosthesis.

When compared to the preoperative status, the HHS and WOMAC showed a significant improvement 3 months, 1 year, 3 years and 5 years following implantation of the cementless POLARSTEM® ($p < 0.001$, respectively). Patients having a BMI of less than 30 kg/m² achieved a significantly better result at the 5-year follow-up compared to those with a BMI of more than 30 kg/m² ($p < 0.05$). In addition, patients with an age of less than 65 years had a significantly higher HHS compared to those with an age of over 65

6. Summary

years ($p = 0.039$). Compared to the preoperative examinations, degree of range of motion of the hip joint showed a significant increase in all different directions 5 years postoperatively ($p < 0.001$, respectively).

Radiographic evaluation showed an unchanged position of the implanted stem and socket components without migration, tilting or subsidence at terminal follow-up. Characteristic radiological changes of the acetabular or stem component including osteolysis, atrophy or hypertrophy of the bone substance as well as radiolucent lines were not observed. The survivorship of the implanted POLARSTEM® was 98.7% after a period of 5 years with stem revision due to any reason.

Comparable studies reported similarly good results in terms of postoperative HHS and WOMAC with a follow-up period of 5-10 years. The negative influence of high BMI or age on clinical outcome is still controversially discussed in the literature. The survival rate of 98.7% at 5-year follow-up is consistent with other studies and well in line with current requirements. Recent data from the Australian Endoprosthesis Registry showed the cementless POLARSTEM® to have a revision rate of 0.3-2.9% after 3-5 years. The only revision of our patient population was caused by an infection 6 weeks postoperatively. Thus, stem design may not be the decisive factor in this case.

Due to the convincing clinical and radiographic results, the safety and efficacy of the cementless POLARSTEM® can be confirmed at least for a medium-term period of 5 years. However, it remains to be seen how the POLARSTEM® will present in the long-term after a period of 10 or 15 years.

7. Literaturverzeichnis

1. Ackerman I. Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC). *Aust J Physiother.* 2009;55(3):213.
2. Allen Butler R, Rosenzweig S, Myers L, Barrack RL. The Frank Stinchfield Award: the impact of socioeconomic factors on outcome after THA: a prospective, randomized study. *Clin Orthop Relat Res.* 2011;469(2):339-347.
3. Andrew JG, Palan J, Kurup HV, Gibson P, Murray DW, Beard DJ. Obesity in total hip replacement. *J Bone Joint Surg Br.* 2008;90(4):424-429.
4. Association AO. Australian Orthopaedic Association National Joint Replacement Registry. Annual Report 2016. Adelaide; 2016.
5. Association AO. National Joint Replacement Registry. Hip, Knee & Shoulder Arthroplasty: Annual Report 2017; 2017.
6. Aumüller G, Aust G, Doll A, et al. *Anatomie.* Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2007.
7. Bachmeier CJ, March LM, Cross MJ, et al. A comparison of outcomes in osteoarthritis patients undergoing total hip and knee replacement surgery. *Osteoarthritis Cartilage.* 2001;9(2):137-146.
8. Bauer R, Kerschbaumer F, Poisel S, Oberthaler W. The transgluteal approach to the hip joint. *Arch Orthop Trauma Surg.* 1979;95(1-2):47-49.
9. Beaulé PE, Dorey FJ, Hoke R, Le Duff M, Amstutz HC. The value of patient activity level in the outcome of total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2006;21(4):547-552.
10. Beck M, Kalhor M, Leunig M, Ganz R. Hip morphology influences the pattern of damage to the acetabular cartilage: femoroacetabular impingement as a cause of early osteoarthritis of the hip. *J Bone Joint Surg Br.* 2005;87(7):1012-1018.
11. Bellamy N. Pain assessment in osteoarthritis: experience with the WOMAC osteoarthritis index. *Semin Arthritis Rheum.* 1989;18(4 Suppl 2):14-17.
12. Bellamy N. The WOMAC Knee and Hip Osteoarthritis Indices: development, validation, globalization and influence on the development of the AUSCAN Hand Osteoarthritis Indices. *Clin Exp Rheumatol.* 2005;23(5 Suppl 39):S148-153.
13. Bellamy N, Goldsmith CH, Buchanan WW, Campbell J, Duku E. Prior score availability: observations using the WOMAC osteoarthritis index. *Br J Rheumatol.* 1991;30(2):150-151.

14. Bijlsma JW, Knahr K. Strategies for the prevention and management of osteoarthritis of the hip and knee. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2007;21(1):59-76.
15. Board NE. National Joint Registry for England, Wales, Northern Ireland and the Isle of Man. 13th Annual Report; 2016.
16. Boardman DL, Dorey F, Thomas BJ, Lieberman JR. The accuracy of assessing total hip arthroplasty outcomes: a prospective correlation study of walking ability and 2 validated measurement devices. *J Arthroplasty*. 2000;15(2):200-204.
17. Bottner F, Zawadsky M, Su EP, et al. Implant migration after early weightbearing in cementless hip replacement. *Clin Orthop Relat Res*. 2005(436):132-137.
18. Boutin P. Total hip arthroplasty using a ceramic prosthesis. Pierre Boutin (1924-1989). *Clin Orthop Relat Res*. 2000(379):3-11.
19. Braun HJ, Wilcox-Fogel N, Kim HJ, Pouliot MA, Harris AH, Dragoo JL. The effect of local anesthetic and corticosteroid combinations on chondrocyte viability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2012;20(9):1689-1695.
20. Breusch SJ, Aldinger PR, Thomsen M, Ewerbeck V, Lukoschek M. [Anchoring principles in hip endoprostheses. I: Prosthesis stem]. *Unfallchirurg*. 2000;103(11):918-931.
21. Brooker AF, Bowerman JW, Robinson RA, Riley LH. Ectopic ossification following total hip replacement. Incidence and a method of classification. *J Bone Joint Surg Am*. 1973;55(8):1629-1632.
22. Bulow JU, Scheller G, Arnold P, Synatschke M, Jani L. Follow-up (6-9 years) results of the uncemented CLS Spotorno stem. *Arch Orthop Trauma Surg*. 1996;115(3-4):190-194.
23. Castellini I, Andreani L, Parchi PD, et al. Hydroxyapatite in total hip arthroplasty. Our experience with a plasma spray porous titanium alloy/hydroxyapatite double-coated cementless stem. *Clin Cases Miner Bone Metab*. 2016;13(3):221-227.
24. Chapman K, Mustafa Z, Irvén C, et al. Osteoarthritis-susceptibility locus on chromosome 11q, detected by linkage. *Am J Hum Genet*. 1999;65(1):167-174.
25. CHARNLEY J. Anchorage of the femoral head prosthesis to the shaft of the femur. *J Bone Joint Surg Br*. 1960;42-B:28-30.
26. Charnley J. Arthroplasty of the hip. A new operation. *Lancet*. 1961;1(7187):1129-1132.

27. Charnley J. The long-term results of low-friction arthroplasty of the hip performed as a primary intervention. *J Bone Joint Surg Br.* 1972;54(1):61-76.
28. Chee YH, Teoh KH, Sabnis BM, Ballantyne JA, Brenkel IJ. Total hip replacement in morbidly obese patients with osteoarthritis: results of a prospectively matched study. *J Bone Joint Surg Br.* 2010;92(8):1066-1071.
29. Chitre AR, Fehily MJ, Bamford DJ. Total hip replacement after intra-articular injection of local anaesthetic and steroid. *J Bone Joint Surg Br.* 2007;89(2):166-168.
30. Cho JH, Garino JP, Choo SK, Han KY, Kim JH, Oh HK. Seven-year results of a tapered, titanium, hydroxyapatite-coated cementless femoral stem in primary total hip arthroplasty. *Clin Orthop Surg.* 2010;2(4):214-220.
31. Claes L. [Theoretical principles of the cement-free prosthetic technic]. *Langenbecks Arch Chir.* 1987;372:441-446.
32. Croft P, Coggon D, Cruddas M, Cooper C. Osteoarthritis of the hip: an occupational disease in farmers. *BMJ.* 1992;304(6837):1269-1272.
33. Culliford DJ, Maskell J, Beard DJ, Murray DW, Price AJ, Arden NK. Temporal trends in hip and knee replacement in the United Kingdom: 1991 to 2006. *J Bone Joint Surg Br.* 2010;92(1):130-135.
34. da Costa BR, Reichenbach S, Keller N, et al. Effectiveness of non-steroidal anti-inflammatory drugs for the treatment of pain in knee and hip osteoarthritis: a network meta-analysis. *Lancet.* 2016.
35. Dagenais S, Garbedian S, Wai EK. Systematic review of the prevalence of radiographic primary hip osteoarthritis. *Clin Orthop Relat Res.* 2009;467(3):623-637.
36. Dallari D, Stagni C, Rani N, et al. Ultrasound-Guided Injection of Platelet-Rich Plasma and Hyaluronic Acid, Separately and in Combination, for Hip Osteoarthritis: A Randomized Controlled Study. *Am J Sports Med.* 2016;44(3):664-671.
37. Davis AM, Wood AM, Keenan AC, Brenkel IJ, Ballantyne JA. Does body mass index affect clinical outcome post-operatively and at five years after primary unilateral total hip replacement performed for osteoarthritis? A multivariate analysis of prospective data. *J Bone Joint Surg Br.* 2011;93(9):1178-1182.
38. Davis KE, Ritter MA, Berend ME, Meding JB. The importance of range of motion after total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2007;465:180-184.

39. de Witte PB, Brand R, Vermeer HG, van der Heide HJ, Barnaart AF. Mid-term results of total hip arthroplasty with the CementLess Spotorno (CLS) system. *J Bone Joint Surg Am.* 2011;93(13):1249-1255.
40. Delaunay C, Bonnomet F, North J, Jobard D, Cazeau C, Kempf JF. Grit-blasted titanium femoral stem in cementless primary total hip arthroplasty: a 5- to 10-year multicenter study. *J Arthroplasty.* 2001;16(1):47-54.
41. Delaunay C, Kapandji AI. [10-year survival of Zweymüller total prostheses in primary uncemented arthroplasty of the hip]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 1998;84(5):421-432.
42. DeLee JG, Charnley J. Radiological demarcation of cemented sockets in total hip replacement. *Clin Orthop Relat Res.* 1976(121):20-32.
43. Diehl P, Haenle M, Bergschmidt P, et al. [Cementless total hip arthroplasty: a review]. *Biomed Tech (Berl).* 2010;55(5):251-264.
44. Dienstknecht T, Lüring C, Tingart M, Grifka J, Sendtner E. A minimally invasive approach for total hip arthroplasty does not diminish early post-operative outcome in obese patients: a prospective, randomised trial. *Int Orthop.* 2013;37(6):1013-1018.
45. Dreinhöfer KE, Dieppe P, Stürmer T, et al. Indications for total hip replacement: comparison of assessments of orthopaedic surgeons and referring physicians. *Ann Rheum Dis.* 2006;65(10):1346-1350.
46. Drobniewski M, Borowski A, Krasińska M, Sibiński M, Synder M. Results of Total Cementless Hip Joint Arthroplasty with Taperloc Stem. *Ortop Traumatol Rehabil.* 2016;18(4):317-325.
47. Drobniewski M, Borowski A, Synder M, Sibiński M. Results of total cementless hip joint arthroplasty with Corail stem. *Ortop Traumatol Rehabil.* 2013;15(1):61-68.
48. Durkee NJ, Jacobson J, Jamadar D, Karunakar MA, Morag Y, Hayes C. Classification of common acetabular fractures: radiographic and CT appearances. *AJR Am J Roentgenol.* 2006;187(4):915-925.
49. Edwards PK, Queen RM, Butler RJ, Bolognesi MP, Lowry Barnes C. Are Range of Motion Measurements Needed When Calculating the Harris Hip Score? *J Arthroplasty.* 2016;31(4):815-819.
50. Effenberger H, Imhof M, Witzel U, Rehart S. [Cementless stems of the hip. Current status]. *Orthopade.* 2005;34(5):477-500; quiz 501.

51. Engh CA, Culpepper WJ. Long-term results of use of the anatomic medullary locking prosthesis in total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 1997;79(2):177-184.
52. Engström G, de Verdier MG, Nilsson P, Wirfalt E, Mellstrom C, Rollof J. Incidence of Severe Knee and Hip Osteoarthritis in Relation to Dietary Intake of Antioxidants BetaCarotene, Vitamin C, Vitamin E and Selenium: a Population-Based Prospective Cohort Study [abstract]. *Arthritis Rheum.* 2009;60(Suppl 10):630.
53. Evangelou E, Chapman K, Meulenbelt I, et al. Large-scale analysis of association between GDF5 and FRZB variants and osteoarthritis of the hip, knee, and hand. *Arthritis Rheum.* 2009;60(6):1710-1721.
54. Falez F, Casella F, Panegrossi G, Favetti F, Barresi C. Perspectives on metaphyseal conservative stems. *J Orthop Traumatol.* 2008;9(1):49-54.
55. Faraj AA, Kumaraguru P, Kosygan K. Intra-articular bupivacaine hip injection in differentiation of coxarthrosis from referred thigh pain: a 10 year study. *Acta Orthop Belg.* 2003;69(6):518-521.
56. Felson DT, Lawrence RC, Dieppe PA, et al. Osteoarthritis: new insights. Part 1: the disease and its risk factors. *Ann Intern Med.* 2000;133(8):635-646.
57. Freeman MA, Plante-Bordeneuve P. Early migration and late aseptic failure of proximal femoral prostheses. *J Bone Joint Surg Br.* 1994;76(3):432-438.
58. Froimson MI, Garino J, Machenaud A, Vidalain JP. Minimum 10-year results of a tapered, titanium, hydroxyapatite-coated hip stem: an independent review. *J Arthroplasty.* 2007;22(1):1-7.
59. Ganz R, Leunig M, Leunig-Ganz K, Harris WH. The etiology of osteoarthritis of the hip: an integrated mechanical concept. *Clin Orthop Relat Res.* 2008;466(2):264-272.
60. Ganz R, Parvizi J, Beck M, Leunig M, Nötzli H, Siebenrock KA. Femoroacetabular impingement: a cause for osteoarthritis of the hip. *Clin Orthop Relat Res.* 2003(417):112-120.
61. Garellick G, Kärrholm J, Lindahl H, Malchau H, Rogmark C, Rolfson O. The Swedish Hip Arthroplasty Register - Annual Report 2014: Garellick, Göran; 2015.
62. Gesundheitswesen I-IfQuTi. Qualitätsreport 2016. Berlin; 2017.
63. Gluck T. Report on the positive results obtained by the modern surgical experiment regarding the suture and replacement of defects of superior tissue, as

- well as the utilization of re-absorbable and living tamponade in surgery. 1891. *Clin Orthop Relat Res.* 2011;469(6):1528-1535.
64. Gollwitzer H, Schauwecker J, Burgkart R, Rechl H, von Eisenhart-Rothe R. [Joint-preserving surgery of the adult hip. Intertrochanteric femoral osteotomy]. *Orthopade.* 2012;41(8):677-688; quiz 689-690.
 65. Gomez PF, Morcuende JA. A historical and economic perspective on Sir John Charnley, Chas F. Thackray Limited, and the early arthroplasty industry. *Iowa Orthop J.* 2005;25:30-37.
 66. Grimberg A, Jansson V, Liebs T, Melsheimer O, A S. Endoprothesenregister Deutschland: Jahresbericht 2016.; 2017.
 67. Grimberg A, Jansson V, Liebs T, Melsheimer O, Steinbrück A. Endoprothesenregister Deutschland: Jahresbericht 2015; 2016:1-64.
 68. Grotle M, Hagen KB, Natvig B, Dahl FA, Kvien TK. Obesity and osteoarthritis in knee, hip and/or hand: an epidemiological study in the general population with 10 years follow-up. *BMC Musculoskelet Disord.* 2008;9:132.
 69. Gruen TA, McNeice GM, Amstutz HC. "Modes of failure" of cemented stem-type femoral components: a radiographic analysis of loosening. *Clin Orthop Relat Res.* 1979(141):17-27.
 70. Harris WH. Traumatic arthritis of the hip after dislocation and acetabular fractures: treatment by mold arthroplasty. An end-result study using a new method of result evaluation. *J Bone Joint Surg Am.* 1969;51(4):737-755.
 71. Haverkamp D, Sierevelt IN, van den Bekerom MP, Poolman RW, van Dijk CN, Marti RK. The validity of patient satisfaction as single question in outcome measurement of total hip arthroplasty. *J Long Term Eff Med Implants.* 2008;18(2):145-150.
 72. Heisel C BK, Parsch D, Rickert M, Zeiler G, Holzapfel BM, Rechl H, Rudert M. Untersuchung und Indikationsstellung In: Claes L, Kirschner P, Perka C, Rudert M (Hrsg.): AE-Manual der Endoprothetik. Springer, Heidelberg; 2012.
 73. Heliövaara M, Mäkelä M, Impivaara O, Knekt P, Aromaa A, Sievers K. Association of overweight, trauma and workload with coxarthrosis. A health survey of 7,217 persons. *Acta Orthop Scand.* 1993;64(5):513-518.
 74. Hoeksma HL, Dekker J, Runday HK, et al. Comparison of manual therapy and exercise therapy in osteoarthritis of the hip: a randomized clinical trial. *Arthritis Rheum.* 2004;51(5):722-729.

75. Horváth G, Koroknai G, Ács B, Than P, Bellyei Á, Illés T. Prevalence of radiographic primary hip and knee osteoarthritis in a representative Central European population. *Int Orthop*. 2011;35(7):971-975.
76. Hossain M, Barwick C, Sinha AK, Andrew JG. Is magnetic resonance imaging (MRI) necessary to exclude occult hip fracture? *Injury*. 2007;38(10):1204-1208.
77. Huber JF, Satkauskas I, Theiler R, Zumstein M, Ruffin GB. [Clinical results 2 years after total hip replacement (WOMAC/SF-36) and comparison with the normal population (SF-36)]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*. 2006;144(3):296-300.
78. Hug KT, Alton TB, Gee AO. Classifications in brief: Brooker classification of heterotopic ossification after total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 2015;473(6):2154-2157.
79. Huggler AH, Jacob HA, Bereiter H, Haferkorn M, Ryf C, Schenk R. Long-term results with the uncemented thrust plate prosthesis (TPP). *Acta Orthop Belg*. 1993;59 Suppl 1:215-223.
80. Hunter DJ, Eckstein F. Exercise and osteoarthritis. *J Anat*. 2009;214(2):197-207.
81. Jacquot L, Bonnin MP, Machenaud A, Chouteau J, Saffarini M, Vidalain JP. Clinical and Radiographic Outcomes at 25-30 Years of a Hip Stem Fully Coated With Hydroxylapatite. *J Arthroplasty*. 2017.
82. Jansson V, Steinbrück A, Hassenpflug J. [What can we learn in future from the data of the German Arthroplasty Registry (EPRD) in comparison to other registries?]. *Unfallchirurg*. 2016;119(6):488-492.
83. Jauregui JJ, Banerjee S, Issa K, Cherian JJ, Mont MA. Does Co-Existing Lumbar Spinal Canal Stenosis Impair Functional Outcomes and Activity Levels after Primary Total Hip Arthroplasty? *J Arthroplasty*. 2015;30(9):1569-1573.
84. Jerosch J, Wetzel R, Aldinger G, et al. [Virtual simulation for optimizing the range of motion in hip alloarthroplasty using an adapted thrust-plate prosthesis model]. *Orthopade*. 2000;29(7):605-613.
85. Johnson VL, Hunter DJ. The epidemiology of osteoarthritis. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2014;28(1):5-15.
86. Johnston RC, Fitzgerald RH, Harris WH, Poss R, Müller ME, Sledge CB. Clinical and radiographic evaluation of total hip replacement. A standard system of terminology for reporting results. *J Bone Joint Surg Am*. 1990;72(2):161-168.
87. JUDET J, JUDET R. The use of an artificial femoral head for arthroplasty of the hip joint. *J Bone Joint Surg Br*. 1950;32-B(2):166-173.

88. Kahlenberg CA, Nwachukwu BU, Schairer WW, Steinhaus ME, Cross MB. Patient Satisfaction Reporting After Total Hip Arthroplasty: A Systematic Review. *Orthopedics*. 2017;40(3):e400-e404.
89. Karlson EW, Mandl LA, Aweh GN, Sangha O, Liang MH, Grodstein F. Total hip replacement due to osteoarthritis: the importance of age, obesity, and other modifiable risk factors. *Am J Med*. 2003;114(2):93-98.
90. Karol LA, Halliday SE, Gourineni P. Gait and function after intra-articular arthrodesis of the hip in adolescents. *J Bone Joint Surg Am*. 2000;82(4):561-569.
91. Kasetti RJ, Shetty AA, Rand C. Heterotopic ossification after uncemented hydroxyapatite-coated primary total hip arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2001;16(8):1038-1042.
92. Keener JD, Callaghan JJ, Goetz DD, Pederson DR, Sullivan PM, Johnston RC. Twenty-five-year results after Charnley total hip arthroplasty in patients less than fifty years old: a concise follow-up of a previous report. *J Bone Joint Surg Am*. 2003;85-A(6):1066-1072.
93. KELLGREN JH, LAWRENCE JS. Radiological assessment of osteo-arthritis. *Ann Rheum Dis*. 1957;16(4):494-502.
94. Kessler S, Käfer W. Overweight and obesity: two predictors for worse early outcome in total hip replacement? *Obesity (Silver Spring)*. 2007;15(11):2840-2845.
95. Khanuja HS, Vakil JJ, Goddard MS, Mont MA. Cementless femoral fixation in total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 2011;93(5):500-509.
96. Kizawa H, Kou I, Iida A, et al. An aspartic acid repeat polymorphism in asporin inhibits chondrogenesis and increases susceptibility to osteoarthritis. *Nat Genet*. 2005;37(2):138-144.
97. Klässbo M, Larsson E, Mannevik E. Hip disability and osteoarthritis outcome score. An extension of the Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index. *Scand J Rheumatol*. 2003;32(1):46-51.
98. Knecht A, Witzleb WC, Günther KP. [Resurfacing arthroplasty of the hip]. *Orthopade*. 2005;34(1):79-89; quiz 90.
99. Kobayashi A, Donnelly WJ, Scott G, Freeman MA. Early radiological observations may predict the long-term survival of femoral hip prostheses. *J Bone Joint Surg Br*. 1997;79(4):583-589.

100. Kolisek FR, Issa K, Harwin SF, Jaggard C, Naziri Q, Mont MA. Minimum 5-year follow-up for primary THA using a tapered, proximally coated cementless stem. *Orthopedics*. 2013;36(5):e633-636.
101. Krauß I, Steinhilber B, Haupt G, Miller R, Martus P, Janßen P. Exercise therapy in hip osteoarthritis--a randomized controlled trial. *Dtsch Arztebl Int*. 2014;111(35-36):592-599.
102. Krismer M, Biedermann R, Stöckl B, Fischer M, Bauer R, Haid C. The prediction of failure of the stem in THR by measurement of early migration using EBRA-FCA. Einzel-Bild-Roentgen-Analyse-femoral component analysis. *J Bone Joint Surg Br*. 1999;81(2):273-280.
103. Kurtz S, Mowat F, Ong K, Chan N, Lau E, Halpern M. Prevalence of primary and revision total hip and knee arthroplasty in the United States from 1990 through 2002. *J Bone Joint Surg Am*. 2005;87(7):1487-1497.
104. Kurtz SM, Lau E, Ong K, Zhao K, Kelly M, Bozic KJ. Future young patient demand for primary and revision joint replacement: national projections from 2010 to 2030. *Clin Orthop Relat Res*. 2009;467(10):2606-2612.
105. Lane NE, Gore LR, Cummings SR, et al. Serum vitamin D levels and incident changes of radiographic hip osteoarthritis: a longitudinal study. Study of Osteoporotic Fractures Research Group. *Arthritis Rheum*. 1999;42(5):854-860.
106. Lane NE, Lian K, Nevitt MC, et al. Frizzled-related protein variants are risk factors for hip osteoarthritis. *Arthritis Rheum*. 2006;54(4):1246-1254.
107. Learmonth ID, Young C, Rorabeck C. The operation of the century: total hip replacement. *Lancet*. 2007;370(9597):1508-1519.
108. Lee PY, Evans AR. Early failure of the Polarstem total hip arthroplasty--can the Australian NJR tell us the full story? *J Arthroplasty*. 2014;29(3):609-611.
109. Leunig M, Ganz R. [Femoroacetabular impingement. A common cause of hip complaints leading to arthrosis]. *Unfallchirurg*. 2005;108(1):9-10, 12-17.
110. Lieveense AM, Bierma-Zeinstra SM, Verhagen AP, van Baar ME, Verhaar JA, Koes BW. Influence of obesity on the development of osteoarthritis of the hip: a systematic review. *Rheumatology (Oxford)*. 2002;41(10):1155-1162.
111. Lohmander LS, Gerhardsson de Verdier M, Rollof J, Nilsson PM, Engström G. Incidence of severe knee and hip osteoarthritis in relation to different measures of body mass: a population-based prospective cohort study. *Ann Rheum Dis*. 2009;68(4):490-496.

112. Lombardi AV, Berend KR, Mallory TH, Skeels MD, Adams JB. Survivorship of 2000 tapered titanium porous plasma-sprayed femoral components. *Clin Orthop Relat Res.* 2009;467(1):146-154.
113. Lung R, O'Brien J, Grebenyuk J, et al. The prevalence of radiographic femoroacetabular impingement in younger individuals undergoing total hip replacement for osteoarthritis. *Clin Rheumatol.* 2012;31(8):1239-1242.
114. Lübbeke A, Stern R, Garavaglia G, Zurcher L, Hoffmeyer P. Differences in outcomes of obese women and men undergoing primary total hip arthroplasty. *Arthritis Rheum.* 2007;57(2):327-334.
115. Malchau H, Herberts P, Eisler T, Garellick G, Söderman P. The Swedish Total Hip Replacement Register. *J Bone Joint Surg Am.* 2002;84-A Suppl 2:2-20.
116. Martell JM, Pierson RH, Jacobs JJ, Rosenberg AG, Maley M, Galante JO. Primary total hip reconstruction with a titanium fiber-coated prosthesis inserted without cement. *J Bone Joint Surg Am.* 1993;75(4):554-571.
117. McKee GK, Watson-Farrar J. Replacement of arthritic hips by the McKee-Farrar prosthesis. *J Bone Joint Surg Br.* 1966;48(2):245-259.
118. McLaughlin JR, Lee KR. The outcome of total hip replacement in obese and non-obese patients at 10- to 18-years. *J Bone Joint Surg Br.* 2006;88(10):1286-1292.
119. Mengiardi B, Pfirrmann CW, Hodler J. Hip pain in adults: MR imaging appearance of common causes. *Eur Radiol.* 2007;17(7):1746-1762.
120. Merx H, Dreinhöfer K, Schröder P, et al. International variation in hip replacement rates. *Ann Rheum Dis.* 2003;62(3):222-226.
121. Merx H, Dreinhöfer KE, Günther KP. [Socioeconomic relevance of osteoarthritis in Germany]. *Z Orthop Unfall.* 2007;145(4):421-429.
122. Miyamoto Y, Mabuchi A, Shi D, et al. A functional polymorphism in the 5' UTR of GDF5 is associated with susceptibility to osteoarthritis. *Nat Genet.* 2007;39(4):529-533.
123. Murphy BPD, Dowsey MM, Spelman T, Choong PFM. What Is the Impact of Advancing Age on the Outcomes of Total Hip Arthroplasty? *J Arthroplasty.* 2017.
124. Murray DW, Carr AJ, Bulstrode C. Survival analysis of joint replacements. *J Bone Joint Surg Br.* 1993;75(5):697-704.
125. Mäkelä KT, Matilainen M, Pulkkinen P, et al. Failure rate of cemented and uncemented total hip replacements: register study of combined Nordic database of four nations. *BMJ.* 2014;348:f7592.

126. Nelson AE, Allen KD, Golightly YM, Goode AP, Jordan JM. A systematic review of recommendations and guidelines for the management of osteoarthritis: The chronic osteoarthritis management initiative of the U.S. bone and joint initiative. *Semin Arthritis Rheum.* 2014;43(6):701-712.
127. Nevelos JE, Ingham E, Doyle C, Nevelos AB, Fisher J. The influence of acetabular cup angle on the wear of "BIOLOX Forte" alumina ceramic bearing couples in a hip joint simulator. *J Mater Sci Mater Med.* 2001;12(2):141-144.
128. Nilsson A, Breider A. Measures of hip function and symptoms: Harris Hip Score (HHS), Hip Disability and Osteoarthritis Outcome Score (HOOS), Oxford Hip Score (OHS), Lequesne Index of Severity for Osteoarthritis of the Hip (LISOH), and American Academy of Orthopedic Surgeons (AAOS) Hip and Knee Questionnaire. *Arthritis Care Res (Hoboken).* 2011;63 Suppl 11:S200-207.
129. Nilsson AK, Isaksson F. Patient relevant outcome 7 years after total hip replacement for OA - a prospective study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2010;11:47.
130. Nilsson AK, Lohmander LS, Klässbo M, Roos EM. Hip disability and osteoarthritis outcome score (HOOS)--validity and responsiveness in total hip replacement. *BMC Musculoskelet Disord.* 2003;4:10.
131. Nöth U, Nedopil A, Holzapfel BM, et al. [Minimally invasive anterior approach]. *Orthopäde.* 2012;41(5):390-398.
132. Oliveria SA, Felson DT, Reed JI, Cirillo PA, Walker AM. Incidence of symptomatic hand, hip, and knee osteoarthritis among patients in a health maintenance organization. *Arthritis Rheum.* 1995;38(8):1134-1141.
133. Orchard JW, Read JW, Neophyton J, Garlick D. Groin pain associated with ultrasound finding of inguinal canal posterior wall deficiency in Australian Rules footballers. *Br J Sports Med.* 1998;32(2):134-139.
134. Orradre Burusco I, Romero R, Brun M, López Blasco JJ. Cross-linked ultra-high-molecular weight polyethylene liner and ceramic femoral head in total hip arthroplasty: a prospective study at 5 years follow-up. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2011;131(12):1711-1716.
135. Park KD, Kim TK, Bae BW, Ahn J, Lee WY, Park Y. Ultrasound guided intra-articular ketorolac versus corticosteroid injection in osteoarthritis of the hip: a retrospective comparative study. *Skeletal Radiol.* 2015;44(9):1333-1340.

136. Pelsser V, Cardinal E, Hobden R, Aubin B, Lafortune M. Extraarticular snapping hip: sonographic findings. *AJR Am J Roentgenol.* 2001;176(1):67-73.
137. Pfirrmann CW, Mengiardi B, Dora C, Kalberer F, Zanetti M, Hodler J. Cam and pincer femoroacetabular impingement: characteristic MR arthrographic findings in 50 patients. *Radiology.* 2006;240(3):778-785.
138. Pieringer H, Auersperg V, Griessler W, Böhler N. Long-term results with the cementless Alloclassic brand hip arthroplasty system. *J Arthroplasty.* 2003;18(3):321-328.
139. Pivec R, Johnson AJ, Mears SC, Mont MA. Hip arthroplasty. *Lancet.* 2012;380(9855):1768-1777.
140. Pohl F, Seufert J, Tauscher A, et al. The influence of heterotopic ossification on functional status of hip joint following total hip arthroplasty. *Strahlenther Onkol.* 2005;181(8):529-533.
141. Puenpatom RA, Victor TW. Increased prevalence of metabolic syndrome in individuals with osteoarthritis: an analysis of NHANES III data. *Postgrad Med.* 2009;121(6):9-20.
142. Putz R, Simon U, Claes L, Nötzli H, Wyss T. Funktionelle Anatomie und Biomechanik In: L.Claes et al. (Hrsg.), AE-Manual der Endoprothetik; 2012.
143. Qvistgaard E, Christensen R, Torp-Pedersen S, Bliddal H. Intra-articular treatment of hip osteoarthritis: a randomized trial of hyaluronic acid, corticosteroid, and isotonic saline. *Osteoarthritis Cartilage.* 2006;14(2):163-170.
144. Rachbauer F, Krismer M. [Minimally invasive total hip arthroplasty via direct anterior approach]. *Oper Orthop Traumatol.* 2008;20(3):239-251.
145. Reijman M, Pols HA, Bergink AP, et al. Body mass index associated with onset and progression of osteoarthritis of the knee but not of the hip: the Rotterdam Study. *Ann Rheum Dis.* 2007;66(2):158-162.
146. Rivera F. Single intra-articular injection of high molecular weight hyaluronic acid for hip osteoarthritis. *J Orthop Traumatol.* 2016;17(1):21-26.
147. Röder C, Staub LP, Eichler P, et al. Avoiding misclassification bias with the traditional Charnley classification: rationale for a fourth Charnley class BB. *J Orthop Res.* 2006;24(9):1803-1808.
148. Salter RB. The classic. Innominate osteotomy in the treatment of congenital dislocation and subluxation of the hip by Robert B. Salter, J. Bone Joint Surg. (Brit) 43B:3:518, 1961. *Clin Orthop Relat Res.* 1978(137):2-14.

149. Schara K, Herman S. Heterotopic bone formation in total hip arthroplasty: predisposing factors, classification and the significance for clinical outcome. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 2001;68(2):105-108.
150. Schleicher I, Kordelle J, Jürgensen I, Haas H, Melzer C. [Femoral neck fractures in the elderly -- bipolar hemiarthroplasty in total hip replacement]. *Unfallchirurg.* 2003;106(6):467-471.
151. Schmid MR, Nötzli HP, Zanetti M, Wyss TF, Hodler J. Cartilage lesions in the hip: diagnostic effectiveness of MR arthrography. *Radiology.* 2003;226(2):382-386.
152. Schneider DJ, Moulton MJ, Singapuri K, et al. The Frank Stinchfield Award. Inhibition of heterotopic ossification with radiation therapy in an animal model. *Clin Orthop Relat Res.* 1998(355):35-46.
153. Schünke M, Schulte E, Schumacher U. *Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem.* Vol 3; 2011.
154. Shi HY, Mau LW, Chang JK, Wang JW, Chiu HC. Responsiveness of the Harris Hip Score and the SF-36: five years after total hip arthroplasty. *Qual Life Res.* 2009;18(8):1053-1060.
155. Shirley ED, Sanders JO. Patient satisfaction: Implications and predictors of success. *J Bone Joint Surg Am.* 2013;95(10):e69.
156. Slongo TF. [Intertrochanteric osteotomy of the proximal femur in childhood]. *Oper Orthop Traumatol.* 2008;20(4-5):334-353.
157. Smith & Nephew Plus Orthopedics AG SN. EP-Fit-Plus non-cemented press-fit cup system, surgical technique.
158. Smith & Nephew Plus Orthopedics AG SN. POLARSTEM surgical technique, Cementless Stem Sytem:pp. 1-28.
159. Smith & Nephew Plus Orthopedics AG SN. EP-FIT PLUS non-cemented Press-fit Acetabular Cup System, Product Info; 2007:1-8.
160. Smith & Nephew Plus Orthopedics AG SN. POLARSTEM Brochure, Cementless Stem System. Baar; 2009:pp.1-2.
161. Smith & Nephew Plus Orthopedics AG SN. Product Information, POLARSTEM Cementless and cemented Stem System. Rotkreuz; 2009:pp.1-6.
162. SMITH-PETERSEN MN. Evolution of mould arthroplasty of the hip joint. *J Bone Joint Surg Br.* 1948;30B(1):59-75.


163. Spector TD, MacGregor AJ. Risk factors for osteoarthritis: genetics. *Osteoarthritis Cartilage*. 2004;12 Suppl A:S39-44.
164. Srikanth VK, Fryer JL, Zhai G, Winzenberg TM, Hosmer D, Jones G. A meta-analysis of sex differences prevalence, incidence and severity of osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*. 2005;13(9):769-781.
165. Starker M, Thümler P, Weipert A, Hanusek S. [Computer-assisted prosthesis selection and implantation control]. *Orthopade*. 2000;29(7):627-635.
166. Stołtny T, Koczy B, Wawrzynek W, Mischczyk L. Heterotopic ossification in patients after total hip replacement. *Ortop Traumatol Rehabil*. 2007;9(3):264-272.
167. Streit MR, Haeussler D, Bruckner T, et al. Early Migration Predicts Aseptic Loosening of Cementless Femoral Stems: A Long-term Study. *Clin Orthop Relat Res*. 2016;474(7):1697-1706.
168. Stucki G, Meier D, Stucki S, et al. [Evaluation of a German version of WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities) Arthrosis Index]. *Z Rheumatol*. 1996;55(1):40-49.
169. Subedi N, Chew NS, Chandramohan M, Scally AJ, Groves C. Effectiveness of fluoroscopy-guided intra-articular steroid injection for hip osteoarthritis. *Clin Radiol*. 2015;70(11):1276-1280.
170. Sumner DR. Long-term implant fixation and stress-shielding in total hip replacement. *J Biomech*. 2015;48(5):797-800.
171. Tepper S, Hochberg MC. Factors associated with hip osteoarthritis: data from the First National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES-I). *Am J Epidemiol*. 1993;137(10):1081-1088.
172. Toomayan GA, Holman WR, Major NM, Kozlowicz SM, Vail TP. Sensitivity of MR arthrography in the evaluation of acetabular labral tears. *AJR Am J Roentgenol*. 2006;186(2):449-453.
173. van der Voort P, Pijls BG, Nieuwenhuijse MJ, et al. Early subsidence of shape-closed hip arthroplasty stems is associated with late revision. A systematic review and meta-analysis of 24 RSA studies and 56 survival studies. *Acta Orthop*. 2015;86(5):575-585.
174. Vidalain JP. Twenty-year results of the cementless Corail stem. *Int Orthop*. 2011;35(2):189-194.
175. Waddell J, Johnson K, Hein W, Raabe J, FitzGerald G, Turibio F. Orthopaedic practice in total hip arthroplasty and total knee arthroplasty: results from the

- Global Orthopaedic Registry (GLORY). *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 2010;39(9 Suppl):5-13.
176. Wamper KE, Sierevelt IN, Poolman RW, Bhandari M, Haverkamp D. The Harris hip score: Do ceiling effects limit its usefulness in orthopedics? *Acta Orthop*. 2010;81(6):703-707.
177. Wang Q, Jiang X, Tian W. Does previous intra-articular steroid injection increase the risk of joint infection following total hip arthroplasty or total knee arthroplasty? A meta-analysis. *Med Sci Monit*. 2014;20:1878-1883.
178. Wedegärtner U, Gatzka C, Rueger JM, Adam G. [Multislice CT (MSCT) in the detection and classification of pelvic and acetabular fractures]. *Rofo*. 2003;175(1):105-111.
179. Werner BC, Cancienne JM, Browne JA. The Timing of Total Hip Arthroplasty After Intraarticular Hip Injection Affects Postoperative Infection Risk. *J Arthroplasty*. 2015.
180. Wessinghage D. [Historical aspects of joint prosthesis implantation. A bibliographic study]. *Orthopade*. 2000;29(12):1067-1071.
181. Whitman R. THE RECONSTRUCTION OPERATION FOR ARTHRITIS DEFORMANS OF THE HIP-JOINT. *Ann Surg*. 1924;80(5):779-785.
182. WILES P. The surgery of the osteoarthritic hip. *Br J Surg*. 1958;45(193):488-497.
183. Windhager R, Kotz R. Die Beckenosteotomie nach Chiari. *Operative Orthopädie und Traumatologie*. 1992;4(4):225-236.
184. Witzleb WC, Knecht A, Beichler T, Köhler T, Günther KP. [Hip resurfacing arthroplasty]. *Orthopade*. 2004;33(11):1236-1242.
185. Wolkow MW. [Alloarthroplasty with metal joint prosthesis]. *Acta Orthop Scand*. 1969;40(5):571-576.
186. Wright JG, Moran E, Bogoch E. Reliability and validity of the grading of heterotopic ossification. *J Arthroplasty*. 1994;9(5):549-553.
187. Wunderbaldinger P, Bremer C, Matuszewski L, Marten K, Turetschek K, Rand T. Efficient radiological assessment of the internal snapping hip syndrome. *Eur Radiol*. 2001;11(9):1743-1747.
188. Yuasa T, Maezawa K, Nozawa M, Kaneko K. Cementless total hip arthroplasty in patients aged ≥ 80 years. *J Orthop*. 2016;13(1):29-32.
189. Zahedi AR, Kalchschmidt K, Katthagen BD. [Tönnis and Kalchschmidt triple pelvic osteotomy]. *Oper Orthop Traumatol*. 2013;25(5):457-468.

190. Zenz P, Pospisil C, Fertschak W, Schwägerl W. [10 years of cementless implantation of total hip endoprosthesis using Zweymüller's stem]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 1995;133(6):558-561.
191. Zhang C, Li L, Forster BB, et al. Femoroacetabular impingement and osteoarthritis of the hip. *Can Fam Physician.* 2015;61(12):1055-1060.
192. Zweymüller KA, Schwarzingen UM, Steindl MS. Radiolucent lines and osteolysis along tapered straight cementless titanium hip stems: a comparison of 6-year and 10-year follow-up results in 95 patients. *Acta Orthop.* 2006;77(6):871-876.

8. Anhang

8.1. Follow-Up Allgemeiner Befund

	Follow-up klinisch (Seite 1 von 2)	Projekt Nr: POLAR STEM Patienten ID Nr: 0 4
---	--	--

5 Jahre Untersuchungsdatum:
Tag Monat Jahr

Follow-up klinisch durchgeführt
☐ ja ☐ nein

Allgemeiner Befund

Lokale Komplikationen

☐ keine

☐ Luxation / geschlossene Reposition

☐ Luxation / offene Reposition

☐ Infektion

☐ Fraktur

☐ sonstige: _____

Körperliche Aktivität
(nur eine Antwort)

☐ schwer

☐ mittel

☐ leicht

☐ inaktiv

Medikation

☐ keine

☐ Schmerzmittel

☐ NSAR

☐ sonstiges: _____

Charnley Klassifikation
(nur eine Antwort)

☐ A nur ipsilaterale Hüfte beeinträchtigt

☐ B beide Hüften beeinträchtigt

☐ C sonstige Faktoren die das Gehen beeinträchtigen / polymorbide

Kein Follow-up

Grund *(nur eine Antwort)*

☐ Tod, Datum:
Tag Monat Jahr

☐ Hospitalisation

☐ schlechter Allgemeinzustand

☐ mangelnde Kooperation

☐ weit entfernter Wohnort

☐ Adresse unbekannt

☐ (Teil-) Explantation, Datum:
Tag Monat Jahr

Komponente:

☐ Explantation Schaft

☐ Explantation Pfanne

☐ Explantation Inlay

☐ Explantation Kopf

☐ sonstiges: _____

TP-Revision infolge
(nur eine Antwort)

☐ aseptischer Lockerung

☐ septischer Lockerung

☐ Implantatbruch


☐ ektopischer Verknöcherung

☐ sonstiges: _____

Bemerkungen: _____

Bitte faxen Sie diese Seite, sobald sie komplett ist

8.2. HHS-Fragebogen

	Follow-up klinisch (Seite 2 von 2)	Projekt Nr.: POLAR STEM Patienten ID Nr.: 0 4
---	--	--

5 Jahre

Harris Score

Hüftschmerzen (nur eine Antwort)

☐ keine oder zu vernachlässigen

☐ minimal; ohne Einfluss auf Aktivität

☐ leicht; nach längerer Aktivität

☐ mittel; behindert normale Arbeit

☐ schwer; Aktivität stark beeinträchtigt

☐ schwerst; keine Aktivität möglich, bettgebunden

Benützung öffentliche Verkehrsmittel (nur eine Antwort)

☐ ja, möglich

☐ nein, unmöglich

Schuhe / Strümpfe anziehen (nur eine Antwort)

☐ problemlos

☐ mühsam

☐ unmöglich

Gehstrecke (nur eine Antwort)

☐ unbeschränkt, mehrere Stunden

☐ längere Strecken, bis 2 km

☐ tägliche Besorgungen, bis 500 m

☐ nur Wohnung, bis 50 m

☐ Bett / Stuhl / gehunfähig

Gehhilfe (nur eine Antwort)

☐ keine

☐ ein Stock für lange Strecken

☐ ein Stock meiste Zeit

☐ eine Krücke

☐ zwei Stöcke

☐ zwei Krücken oder gehunfähig

Treppensteigen (nur eine Antwort)

☐ Fuss vor Fuss, ohne Geländer

☐ Fuss vor Fuss, mit Geländer

☐ mühsam, Fuss neben Fuss

☐ unmöglich

Sitzen (nur eine Antwort)

☐ in jedem Stuhl problemlos 1 Std.

☐ in Spezialstuhl problemlos 1 1/2 Std.

☐ bequemes Sitzen unmöglich

Hinken (nur eine Antwort)

☐ kein

☐ leicht

☐ mittelstark

☐ schwer

Beinlängendifferenz (nur eine Antwort)

☐ keine

☐ ipsilateral länger mm

☐ ipsilateral kürzer mm

Trendelenburg (nur eine Antwort)

☐ nicht prüfbar

☐ negativ

☐ indifferent

☐ positiv

Bewegungsumfang (Neutral-Null-Methode)

Flex / / Ext

Abd / / Add

AR / / IR

Beurteilung Patient

Zufriedenheit des Patienten (nur eine Antwort)

☐ sehr zufrieden

☐ grösstenteils zufrieden

☐ teilweise zufrieden

☐ unzufrieden


Unterschrift Prüfarzt: _____ Datum: Tag Monat Jahr

Bitte faxen Sie diese Seite, sobald sie komplett ist

DataFax | Hüfte | Ed 1.0 d | 2009-01

Follow-up klinisch 29/37

8.3. HOOS-Fragebogen

	HOOS Hüftfragebogen (Seite 1 von 2)	Projekt Nr: POLAR STEM Patienten ID Nr: 0 4
---	---	--

5 Jahre

Untersuchungsdatum:

Tag
Monat
Jahr

HOOS Hüftfragebogen

Dieser Fragebogen soll herausfinden, welchen Eindruck Sie von Ihrer Hüfte haben. Die Informationen helfen uns, Ihre Hüftbeschwerden und Ihre Möglichkeiten im täglichen Leben zu erfassen.

Bitte beantworten Sie jede Frage, indem Sie das entsprechende Feld ankreuzen (nur ein Kreuz pro Frage). Sollten Sie unsicher sein, geben Sie bitte die bestmögliche Antwort.

SCHMERZEN

Wie starke Schmerzen verspürten Sie in der Hüfte in der letzten Woche während der folgenden Tätigkeiten?

	keine	wenig	mässige	starke	sehr starke
1. Gehen auf ebenem Boden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Treppen hinauf- oder hinuntersteigen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Nachts im Bett	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Sitzen oder Liegen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Aufrecht stehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

STEIFIGKEIT

Die folgenden Fragen betreffen die Steifigkeit im Hüftgelenk, die Sie in der letzten Woche wahrgenommen haben. Steifigkeit ist ein Gefühl von Einschränkung oder Langsamkeit in den Bewegungen („harzige“ Bewegungen) des Hüftgelenks.

	gar nicht	wenig	mässig	stark	sehr stark
1. Wie ausgeprägt ist die Steifigkeit in Ihrem Hüftgelenk, wenn Sie morgens aufwachen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Wie ausgeprägt ist die Steifigkeit in Ihrem Hüftgelenk nach dem Sitzen, Liegen oder Ausruhen im Verlauf des Tages?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bitte faxen Sie diese Seite, sobald sie komplett ist

	HOOS Hüftfragebogen (Seite 2 von 2)	Projekt Nr:	POLAR STEM			
		Patienten ID Nr:	0	4		

5 Jahre

HOOS Hüftfragebogen

FUNKTION IM TÄGLICHEN LEBEN

Die folgenden Fragen beziehen sich auf Ihre körperliche Funktion, das heisst, Ihre Fähigkeit, sich zu bewegen und für sich zu sorgen.

Geben Sie bitte für jede der folgenden Tätigkeiten an, wie grosse Schwierigkeiten Ihnen Ihre Hüfte während der letzten Woche bereitet hat.

	keine	wenig	mässige	grosse	sehr grosse
1. Treppen hinuntersteigen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Treppen hinaufsteigen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Vom Sitzen aufstehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Stehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Sich bücken / einen Gegenstand aufheben	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Gehen auf ebenem Boden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Einsteigen in ein Auto / Aussteigen aus einem Auto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Einkaufen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Socken / Strümpfe anziehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Vom Bett aufstehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Socken / Strümpfe ausziehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Im Bett liegen (Drehen mit Beibehalten der Hüftposition) ...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Ein- in die Badewanne / Aussteigen aus der Badewanne ...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Sitzen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Sich auf die Toilette setzen und wieder aufstehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. Schwere Hausarbeiten (Kisten tragen, Böden schrubben, usw.) verrichten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. Leichte Hausarbeiten (Kochen, Staubwischen, usw.) verrichten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bemerkungen:

Unterschrift Prüfarzt: _____


Datum:

Tag	Monat

Jahr	

Bitte faxen Sie diese Seite, sobald sie komplett ist

8.4. Follow-Up Röntgen

 PLUS ORTHOPEDICS	Follow-up Röntgen (Seite 1 von 2)	Projekt Nr: _____ Patienten ID Nr:
---	---	--

5 Jahre Untersuchungsdatum:

Tag Monat Jahr

Follow-up Röntgen durchgeführt
☐ ja ☐ nein
 ↓

Allgemeiner Befund

Pfannenposition <input type="checkbox"/> unverändert <input type="checkbox"/> Migration cranial mm <input type="checkbox"/> Migration medial mm <input type="checkbox"/> gekippt °	Schaftposition <input type="checkbox"/> unverändert <input type="checkbox"/> Varuskipfung ° <input type="checkbox"/> Valguskipfung ° <input type="checkbox"/> eingesunken mm
--	--

Einbau generell / Pfanne <input type="checkbox"/> Röntgen nicht beurteilbar <input type="checkbox"/> indifferent, Knochen unverändert <input type="checkbox"/> Osteointegration, Einbau <input type="checkbox"/> Knochenabbau <input type="checkbox"/> Lockerungszeichen <input type="checkbox"/> Revision angezeigt	Einbau generell / Schaft <input type="checkbox"/> Röntgen nicht beurteilbar <input type="checkbox"/> indifferent, Knochen unverändert <input type="checkbox"/> Osteointegration, Einbau <input type="checkbox"/> Knochenabbau <input type="checkbox"/> Lockerungszeichen <input type="checkbox"/> Revision angezeigt
---	---

Ektopische Verknöcherung (Klassifikation nach Brooker) (nur eine Antwort)

☐ Grad 0 kein Nachweis von Knocheninseln

☐ Grad I vereinzelte Knocheninseln in den periartikulären Weichteilen


☐ Grad II Knochen/Exophyten vom Becken oder Femurkopf mit mindestens 1 cm Abstand

☐ Grad III Knochen/Exophyten vom Becken oder Femurkopf mit < 1 cm Abstand

☐ Grad IV knöcherne Spange/Ankylose zwischen Femurkopf und Becken


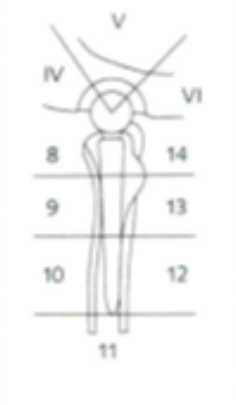
Bemerkungen:

Bitte faxen Sie diese Seite, sobald sie komplett ist

 PLUS ORTHOPEDICS	Follow-up Röntgen (Seite 2 von 2)	Projekt Nr.: _____ Patienten ID Nr.:
---	---	---

5 Jahre

Beurteilung Röntgen

	Säume				Osteolyse		Atrophie				Hypertrophie				
	0mm	1mm	2mm	>2mm	nein	ja	keine	gering 1mm	mässig 2mm	stark >2mm	keine	gering 1mm	mässig 2mm	stark >2mm	
negativ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Zone I	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Zone II	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Zone III	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Zone IV	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Zone V	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Zone VI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
															
Zone 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Zone 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Zone 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Zone 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Zone 5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Zone 6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Zone 7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Zone 8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Zone 9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Zone 10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Zone 11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Zone 12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Zone 13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Zone 14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Bemerkungen: _____

Unterschrift Prüfarzt: _____ Datum:
Tag Monat Jahr

Bitte faxen Sie diese Seite, sobald sie komplett ist

9. Lebenslauf

9. Lebenslauf

PLATZHALTER

10. Verzeichnis der akademischen Lehrer

Meine akademischen Lehrer an der Philipps-Universität Marburg waren die Damen und Herren:

Dr. Adamkiewicz, Prof. Dr. Baranowski, Dr. Baranowski, Prof. Dr. Bartsch, Prof. Dr. Bauer, Prof. Dr. Baum, Prof. Dr. Becker, Prof. Dr. Berger, PD Dr. Best, Prof. Dr. Bien, Prof. Dr. Bücking, Dr. Carl, Prof. Dr. Cetin, Prof. Dr. Czubayko, Prof. Dr. Dr. Dannlowski, Prof. Dr. Daut, Dr. Decher, Prof. Dr. Del Rey, Prof. Dr. Dodel, Prof. Dr. Donner-Banzhoff, Prof. Dr. Engenhardt-Cabillic, Prof. Dr. Efe, Dr. Falkenberg, Prof. Dr. Fendrich, Dr. Feuser, PD Dr. Fritz, Prof. Dr. Fuchs-Winkelmann, PD Dr. Gebhardt, Prof. Dr. Gress, Dr. Grundmann, Prof. Dr. Grzeschik, Habershausen, PD Dr. Hemmerter, Prof. Dr. Hertl, Prof. Dr. Heyse, Prof. Dr. Hofmann, Prof. Dr. Hoyer, Prof. Dr. Hundt, PD Dr. Höffken, Dr. Jerrentrup, Dr. Josephs, Prof. Dr. Dr. Kann, Dr. Kappus, Dr. Kill, Prof. Kinscherf, Prof. Dr. Kircher, PD Dr. Knipper, Prof. Dr. Koczulla, Dr. Krones, Prof. Dr. Kruse, Prof. Dr. Krüger, Dr. Kuhnt, Dr. Kussin, Prof. Dr. König, Dr. Leube, Prof. Dr. Lill, Prof. Dr. Lohoff, Prof. Dr. Mahnken, Prof. Dr. Maier, Prof. Dr. Moll, Prof. Dr. Dr. Mueller, Prof. Dr. Mutters, PD Dr. Möller, Prof. Dr. Müller, Prof. Dr. Neubauer, Prof. Dr. Neumüller, Prof. Dr. Nimsky, Prof. Dr. Oberkircher, Prof. Dr. Oertel, Prof. Dr. Oliver, Dr. Opitz, Dr. Quint, Prof. Dr. Pagenstecher, Dr. Pantazis, PD Dr. Peterlein, Dr. Preisig-Müller, PD Dr. Reese, Prof. Dr. Renz, Prof. Dr. Richter, Dr. Riera-Knorrenschild, Prof. Dr. Riße, Dr. Ritz, Dr. Rivera-Gil, Prof. Dr. Roelcke, Dr. Rost, Prof. Dr. Ruchholtz, Prof. Dr. Sahmland, Prof. Dr. Schieffer, Dr. Schierl, Prof. Dr. Schmidt, Prof. Dr. Schneider, Dr. Schratt, Dr. Schwarting, Prof. Dr. Schäfer, PD Dr. Seifart, Prof. Dr. Sekundo, Dr. Sevinc, Steinmetzer, Prof. Dr. Seitz, Prof. Dr. Steiniger, Stibane, Prof. Dr. Strik, PD Dr. Schüttler, PD Dr. Tackenberg, Prof. Dr. Thieme, Dr. Thum, Prof. Dr. Timmesfeld, Dr. Toussaint, Prof. Dr. Vogelmeier, Prof. Dr. Vogt, PD Dr. Vorwerk, Prof. Dr. Wagner, Prof. Dr. Weihe, Prof. Dr. Werner, PD Dr. Westermann, Prof. Dr. Wilhelm, PD Dr. Wittig, Dr. Wrocklage, Prof. Dr. Wulf, Dr. Zentgraf

11. Danksagung

Ich möchte mich bei Herrn Prof. Dr. Turgay Efe für die angenehme Betreuung und Ermöglichung des wissenschaftlichen Arbeitens bedanken. Vielen Dank auch an PD Dr. med. Karl-Friedrich Schüttler für die gute Betreuung und Unterstützung beim Durchführen dieser Arbeit.

Mein besonderer Dank gilt meiner Familie für ihren Rat, ihren Beistand und ihre Geduld. Vielen Dank an Berthold Münch, Dr. med. Hildegard Kluding-Münch und Pina Münch. Abschließend möchte ich mich auch bei Herrn Robert Reimer für die wertvolle Hilfe und Beratung bedanken.